UNIVERSITÉ DE BORDEAUX II

UNITÉ D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHES DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES

ANNÉE 1973 — THÈSE N° 1

INTÉGRATION A L'INFORMATIQUE DU LABORATOIRE CENTRAL DE BIOCHIMIE DE L'HOPITAL SAINT-ANDRÉ DE BORDEAUX

QUESTION PROPOSÉE PAR LA FACULTÉ :

Les réactions d'ordre zéro ;
leurs applications en biochimie analytique

THÈSE POUR LE DOCTORAT D'ÉTAT EN PHARMACIE

présentée et soutenue publiquement le 9 avril 1973

PAR

Denise BUFFANGEIX

PHARMACIEN

DIPLÔMÉE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES DE CONTRÔLE PHYSICO-CHIMIQUE DES MÉDICAMENTS.
DIPLÔMÉE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES DE PHARMACODYNAMIE ET ESSAIS BIOLOGIQUES DES MÉDICAMENTS.
DIPLÔMÉE D'INFORMATIQUE ET PROGRAMMATION AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS.
ASSISTANT DE FACULTÉ — ASSISTANT DES HÔPITAUX.

née le 22 octobre 1943 à Clairac (Lot-et-Garonne)

EXAMINATEURS DE LA THÈSE :

MM. F. TAYEAU	*Président*
J.-C. COLLETER	*Juges*
R. JENSEN	

— 1973 —

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547324_0023

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX II

UNITÉ D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHES DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES

ANNÉE 1973 — THÈSE N° 1

INTÉGRATION A L'INFORMATIQUE DU LABORATOIRE CENTRAL DE BIOCHIMIE DE L'HOPITAL SAINT-ANDRÉ DE BORDEAUX

QUESTION PROPOSÉE PAR LA FACULTÉ :

Les réactions d'ordre zéro ; leurs applications en biochimie analytique

THÈSE POUR LE DOCTORAT D'ÉTAT EN PHARMACIE

présentée et soutenue publiquement le 9 avril 1973

PAR

Denise BUFFANGEIX

PHARMACIEN

DIPLÔMÉE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES DE CONTRÔLE PHYSICO-CHIMIQUE DES MÉDICAMENTS.
DIPLÔMÉE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES DE PHARMACODYNAMIE ET ESSAIS BIOLOGIQUES DES MÉDICAMENTS.
DIPLÔMÉE D'INFORMATIQUE ET PROGRAMMATION AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS.
ASSISTANT DE FACULTÉ — ASSISTANT DES HÔPITAUX.

née le 22 octobre 1943 à Clairac (Lot-et-Garonne)

EXAMINATEURS DE LA THÈSE :

MM. F. TAYEAU ..... *Président*

J.-C. COLLETER ..... } *Juges*

R. JENSEN ..... }

— 1973 —

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

A tous ceux

dont l'affection m'est chère.

A nos juges

Monsieur le Professeur J.C. COLLETER

Professeur de Chimie Analytique.
Licencié ès Sciences.
Chevalier des Palmes Académiques.

Monsieur le Professeur Agrégé R. JENSEN

Maître de Conférences Agrégé de Chimie Biologique.
Biologiste des Hôpitaux, Chef de service.
Docteur ès Sciences.
Chevalier des Palmes Académiques.

Vous avez bien voulu accepter de siéger à notre jury de thèse.

Nous vous exprimons notre reconnaissance et notre profonde gratitude.

A notre Président de thèse

Monsieur le Professeur F. TAVEAU

Doyen honoraire de la Faculté de Médecine et de Pharmacie.
Professeur de Biochimie Médicale A.
Membre titulaire de l'Académie Nationale de Médecine.
Médecin biologiste des Hôpitaux, Chef de Service.
Docteur ès Sciences.
Officier de la Légion d'Honneur.
Commandeur des Palmes Académiques.
Officier de l'Ordre National du Mérite.
Chevalier de la Santé Publique.
Chevalier du Mérite agricole.
Médaille de Vermeil du Service de Santé de la Marine.
Officier du Mérite Scientifique.
Grand Croix de l'Ordre du Saint Sépulcre de Jérusalem.
Commandeur de l'Ordre National Sénégalais.
Commandeur de l'Ordre National Ivoirien.
Titulaire de l'Ordre Sepas (1ère classe) (Iran).
Titulaire (2ème degré) de la décoration Danesch (Iran).
Officier de l'Ordre National du Cèdre (Liban).
Docteur Honoris Causa de l'Université de Téhéran (Iran).

Vous avez bien voulu nous faire le grand honneur de présider notre jury de thèse.

Veuillez trouver ici l'expression de notre respectueuse reconnaissance.

A V A N T - P R O P O S

L'informatisation d'un laboratoire d'analyses médicales ou plus précisément l'utilisation d'un ordinateur dans un laboratoire, semble pour beaucoup de chefs de service être la seule solution de tous leurs problèmes. En effet l'informatique médicale fait l'objet d'une telle propagande dans la presse ou à la télévision que l'on en vient à croire qu'à l'Hôpital tous les problèmes médicaux peuvent être résolus par l'ordinateur et ceci d'autant plus facilement que les systèmes présentés le sont tous comme étant opérationnels. La réalité cependant est tout autre et beaucoup de solutions certes fort valables en soi, doivent être rejetées en raison de leur coût trop élevé ou encore de leur inaptitude à suivre l'évolution de la technique analytique.

Si, les circonstances aidant, un laboratoire s'informatise un certain nombre de solutions s'offrent au chef de laboratoire. Le choix est d'autant plus délicat que les programmes° sont tous capables de résoudre, pour un prix sensiblement équivalent mais très élevé un problème similaire à condition toutefois que ce dernier soit bien posé (deux laboratoires ne sont jamais identiques).

° *Ou software.*

Les aléas commencent à partir du moment où il s'agit de faire "coller" un système qui existe déjà avec le problème particulier du chef de laboratoire. Rares sont cependant les études et comptes rendus de laboratoires qui font état d'une manière objective et exacte des avantages et surtout des inconvénients de tel système ou de tel matériel et de la non reproductibilité de certaines expériences et leurs raisons profondes.

En outre, l'évolution technologique du "hardware" tend vers une modification du matériel conduisant d'une part au remplacement du "software" par des circuits précablés (mémoires mortes ou figées) et d'autre part à une diminution sensible du prix de revient. Cette évolution est telle que des réalisations de plus de cinq ans d'âge sont à rejeter.

En effet, si l'on examine l'évolution de l'informatisation d'un laboratoire en fonction du temps on s'aperçoit qu'elle s'effectue sur trois années :

une année est nécessaire pour faire l'analyse des conditions d'exploitation,

une autre° pour la livraison de l'appareillage choisi et enfin,

une dernière est nécessaire pour réaliser l'écriture des programmes.

On voit donc qu'une configuration de hardware et de software de laboratoire ne sera opérationnelle qu'à partir de la quatrième année, c'est dire presque au moment où le matériel sera démodé.

Si l'on se réfère aux très nombreuses réalisations en ce domaine (on en compte près de 300 aux U.S.A.) le choix est décevant, soit parce que la configuration même du laboratoire est différente, soit parce que les problèmes à résoudre, la mise de fond ou encore le matériel°° sont différents. Il en résulte que les structures proposées sont difficilement exportables.

° *Dans le cas où le laboratoire choisit une solution déjà opérationnelle dans un autre laboratoire identique une année peut être gagnée à condition d'accepter que la configuration réalise ce que fait l'autre sans aucun changement.*

°° *Il faut signaler que dans le domaine de l'informatisation le hardware "la quincaillerie", évolue très rapidement et les générations ont une durée de vie de plus en plus courte.*

A notre arrivée au Laboratoire Central de Biochimie de l'Hôpital Saint ANDRE, celui-ci était déjà fortement automatisé et pouvait faire face avec souplesse à l'augmentation considérable de la demande analytique.

Toutefois si la multiplication des appareils automatiques avait permis de résoudre les problèmes techniques du rendement, les difficultés de collection et de transcription des résultats ne faisaient que s'accroître venant faire obstacle à une amélioration des méthodes analytiques. Jusque-là résolu par des fortunes diverses le problème du secrétariat demandait une solution d'urgence. En effet, le nombre des résultats à transcrire étant multiplié par trois ou quatre, plusieurs personnes devaient participer au travail de recopiage avec tout ce que cela comporte comme source d'erreurs.

Il devenait également impossible d'assurer le contrôle des demandes avec les échantillons, et de planifier le travail des laborantines qui programmaient selon leur désir les analyses arrivant au laboratoire. La question était alors posée : fallait-il augmenter le personnel de secrétariat et entrainer par là un accroissement non négligeable du risque d'erreur ou bien fallait-il automatiser le traitement de l'information ? Cette deuxième solution : implanter l'informatique dans le laboratoire a été retenue. La description de cette implantation sera l'objet de notre travail.

Dans une première partie nous avons jugé nécessaire d'exposer les différentes possibilités d'intégrer un laboratoire d'analyses médicales à l'informatique en se basant sur les systèmes déjà existants et essayé de définir quelle structure informatique serait la plus susceptible de résoudre nos problèmes.

Dans une deuxième partie nous exposerons nos travaux personnels effectués au Laboratoire Central de Biochimie de l'Hôpital Saint ANDRE.

Cette réalisation nous a contraints au départ à rationaliser les méthodes de prélèvements et de demandes d'analyses.

Il s'est avéré ensuite nécessaire d'installer un certain nombre d'appareils : station d'acquisition de données, perforatrices... d'obtenir des vacations sur l'ordinateur°

° *Ordinateur I.B.M. 360/40 du C.H.R. de BORDEAUX.*

de l'administration générale, d'acquérir enfin le software nécessaire pour le traitement des données c'est à dire en ce qui nous concerne, le Clinical Laboratory System (C.L.S.).

Dans une dernière partie, nous envisagerons les problèmes soulevés par une telle implantation, nous dégagerons les enseignements que l'on peut tirer d'une telle expérience et nous essayerons de voir dans quelle mesure nos travaux pourraient être mis à profit par d'autres laboratoires.

Nous ne saurions terminer cet avant-propos sans remercier tous ceux qui, par leur compétence et leurs connaissances, nous ont aidée à mener à bien ce travail.

Nous nous adressons tout d'abord à Monsieur le Professeur Agrégé JENSEN. Dès la fin de nos études pharmaceutiques vous nous avez donné la possibilité de travailler dans votre service de l'Hôpital Saint-ANDRE, où vous nous avez fait partager votre enthousiasme pour l'analyse automatique. Vous nous avez aussi et surtout permis de participer à l'implantation réussie de l'informatique dans un laboratoire d'analyse, soyez en remercié.

Notre reconnaissance s'adresse à Monsieur le Doyen TAYEAU, vous nous avez offert la possibilité d'occuper un poste d'attaché dans le laboratoire de Biochimie Médicale A et de travailler sous la direction de Monsieur le Professeur Agrégé JENSEN. Veuillez trouver ici l'assurance de notre profond respect.

Il nous est agréable d'adresser nos remerciements à Monsieur PAUTRAT, Inspecteur Général de la Santé au Ministère de la Santé Publique. C'est, Monsieur, grâce à votre irresistible impulsion que les idées de Monsieur le Professeur Agrégé JENSEN ont pu être réalisées, soyez assuré de notre gratitude.

Nous présentons nos très respectueux hommages à Monsieur ROCHAIX, Directeur Général du Centre Hospitalier Régional de BORDEAUX. Vous avez bien voulu poursuivre l'oeuvre entreprise par Monsieur l'Inspecteur PAUTRAT dans la modernisation du matériel d'analyses du laboratoire de Biochimie et la parfaire dans la dotation d'un matériel informatique plus adapté, nous vous en sommes très reconnaissante.

Monsieur CYPRIEN, Attaché de Direction, Chef du service Informatique, a toujours montré une parfaite compréhension de notre situation et de nos problèmes. Il a sans cesse encouragé et facilité notre entreprise, nous lui adressons nos remerciements. Nous y associons toute l'équipe d'informatique du Centre Hospitalier Régional et tout particulièrement Messieurs PASCO et MAZEAU.

Monsieur MERLAND nous a toujours accordé son aide et ses conseils et témoigné sa grande bienveillance, nous lui exprimons notre vive reconnaissance.

Nos remerciements s'adressent à Madame le Professeur LARCEBEAU et Monsieur le Professeur JOUZIER qui ont bien voulu s'intéresser à notre travail ainsi qu'à tous nos maîtres de Biochimie, Madame le Professeur SECHET, Messieurs les Professeurs NEUZIL, MARQUEVIELLE, CASSAIGNE qui nous ont toujours réservé le meilleur accueil dans leur laboratoire.

Il nous est agréable de remercier aussi Mademoiselle CAUBET et Monsieur NORMANDIN, qui avec la plus grande amabilité nous ont fait partager leurs compétences dans le domaine technique, Madame NOGUEZ et tout le personnel du Laboratoire Central de Biochimie de l'Hôpital Saint-ANDRE, qui ont collaboré à cette expérience et contribué à son succès.

Nous ne saurions oublier enfin nos camarades du Laboratoire de Biochimie Analytique de l'Unité d'Enseignement et de Recherches I. Nos remerciements vous tout particulièrement à Madame COUTELLE pour l'amitié qu'elle nous a toujours témoignée, à Mademoiselle QUATTROCCHI pour l'aide technique qu'elle nous a apportée à la réalisation de ce travail et enfin à Mademoiselle FLORENTIN qui a assuré avec patience et la plus grande gentillesse la dactylographie de ce travail.

° ° °

I N T R O D U C T I O N

Que peut apporter un ordinateur dans un laboratoire d'analyses médicales et que signifie une telle implantation ? Il semble préférable de ne pas répondre à cette question avant d'avoir mieux compris les raisons ayant motivé cette entreprise.

Il parait tout d'abord nécessaire de faire l'analyse des conditions d'exploitation du laboratoire lorsque cette informatisation a été décidée.

L'Hôpital Saint ANDRE est un hôpital de près de 1 000 lits répartis pour environ deux tiers en médecine générale et un tiers en chirurgie. Tous les services y sont représentés à l'exception toutefois de services très spécialisés comme la chirurgie cardiaque ou très particuliers comme les enfants ou la maternité. Les malades nécessitant ces soins sont transférés dans d'autres hôpitaux du C.H.R. de BORDEAUX. La durée d'hospitalisation est en moyenne de 18 jours, c'est à dire qu'il traite près de 20 000 malades par an pour lesquels près de 500 000 analyses biochimiques sont réalisées, soit près de 25 analyses par malade. Il faut considérer aussi le fait qu'il s'agit d'un hôpital universitaire, une telle situation n'étant pas sans incidence sur un laboratoire d'analyses médicales.

Le Laboratoire Central de Biochimie de l'Hôpital Saint ANDRE présente certaines particularités que nous allons décrire.

Il se caractérise par un matériel d'analyse automatique de plus en plus sophistiqué (ce laboratoire a été le premier en France en 1966 à être équipé avec un S.M.A.° 12/30) par un nombre d'analyses à effectuer très élevé, de personnel très réduit. Nous avons rassemblé ces données sur le tableau suivant.

TABLEAU I

EVOLUTION DE L'EQUIPEMENT ET DU RENDEMENT DU LABORATOIRE AU COURS DES DOUZE DERNIERES ANNEES

Années	Nombre de B effectués	Equipement automatique en fonctionnement	Nombre de laborantines employées	Rendement annuel par laborantine	
				en B	Analyses
1959	930.000	Néant	5	180.000	8.100
1960	1 400.000	Néant	5	280.000	12.500
1961	1 700.000	1 Monocanal	5	340.000	15.500
1965	2 900.000	3 Monocanal	5	580.000	26.000
1966	3 500.000	3 Monocanal	6	584.000	26.500
1967	5 100.000	3 Mono 1 SMA 12/30	7	729.000	33.000
1968	6 500.000	3 Mono 1 SMA 12/30	8	812.000	37.000
1969	7 400.000	3 Mono 1 SMA 12/30	8	925.000	42.000
1970	7 440.000	3 Mono 1 SMA 12/30	8	925.000	50.200
1971	8 400.000	4 Mono 1 SMA 12/30	8	1.050.000	55.000

On remarque qu'il a fallu à peine douze années pour décupler le nombre des analyses. Celles-ci ne représentent en réalité que les résultats effectivement transmis, il faut ajouter à ces chiffres 10 % d'analyses correspondant aux standards, gammes d'étalonnage et les analyses refaites pour des raisons de dilution ou de vérification. Ainsi près de 70 000 analyses pratiquement sont effectuées par an par laborantine. Il s'agit donc pour le secrétariat d'assurer le recopiage de 2 000 à 3 000 résultats par jour et de collectionner ceux de 400 à 600 malades.

° *Sequential Multiple Analyzer, Technicon Corporation, TARRYTOWN, N.Y. (U.S.A.).*

La situation est aggravée par le fait que les consultants externes viennent s'ajouter à ces chiffres et compliquer ainsi les données en raison du fait qu'ils entrent dans la catégorie des malades urgents, c'est à dire des malades pour lesquels le temps qui s'écoule entre la prise de l'échantillon et la remise du résultat doit être le plus court possible.

Le problème ainsi posé quelles solutions peut apporter un ordinateur ? Il est capable d'effectuer les calculs, l'édition, la tarification des analyses, ce sera effectivement son rôle, mais ces trois opérations découlent l'une de l'autre et se déroulaient auparavant sans aucun autre lien que le nom du malade. De ce fait, il existe une incompatibilité avec l'ordinateur. Ce dernier va et doit pouvoir par le biais du calculateur assurer la liaison entre ces diverses opérations et soulager le chef de laboratoire lorsqu'il rédige, tarifie et signe une analyse ; sa fonction principale étant de surveiller, de vérifier le bon fonctionnement des appareils d'analyse et de donner une interprétation correcte aux résultats.

P R E M I E R E P A R T I E

ESSAI DE SYNTHESE DES REALISATIONS ANTERIEURES

C H A P I T R E I

LE TRAITEMENT EN TEMPS REEL OU "ON LINE"

Plusieurs solutions permettent de résoudre le problème de l'intégration des laboratoires ; il nous a semblé intéressant d'en faire rapidement un rappel afin de mieux comprendre les diverses motivations qui ont abouti au système que nous utilisons à l'Hôpital Saint-ANDRE.

Selon le mode de traitement des données il est possible de schématiser trois groupes de systèmes.

Le traitement "on line", qui fait l'objet de ce chapitre, signifie que l'ordinateur est relié de façon permanente d'une part à tous les appareils de laboratoire et d'autre part aux différents périphériques : imprimante, télétypes etc... Les données sont, dans ce cas acquises, par l'ordinateur au fur et à mesure de leur production et leur traitement (calcul de la concentration à l'aide de la courbe d'étalonnage introduite au préalable) est réalisé immédiatement par le calculateur de sorte que le résultat est obtenu presque aussitôt après la mesure. Il faut également noter que l'ordinateur ne peut alors servir qu'à un seul laboratoire.

Nous retrouvons ce type d'informatisation dans les laboratoires du Professeur EGGSTEIN à TÜBINGEN° et dans laboratoire de Biochimie de R.P. St Luke's Medical Center°°, que nous prendrons comme exemple. Ce dernier est un hôpital de 850 lits environ dont le laboratoire de Biochimie effectue en moyenne 450 dosages par jour, soit environ 800.000 analyses par an. Le laboratoire a été automatisé dès 1967. A cette fin le système B.S.L. (Berkeley Scientific Laboratory) a été retenu. Ce système comprend le hardware et le software nécessaires à l'enregistrement des données, aux calculs et à l'édition des résultats du laboratoire.

APPAREILLAGE :

Le système comprend :

- un ordinateur central P.D.P. 8/L°°°, c'est un petit calculateur conçu pour le laboratoire. Il peut supporter un nombre limité de périphériques : imprimante, télétypes...
- un processeur périphérique ((B.S.L.) Chemdata) est relié à cette unité centrale en temps réel. Cette unité supervise un certain nombre de chaines analytiques TECHNICON de première et deuxième génération.

ORGANISATION :

Dans cette procédure l'échantillon à doser et la demande sont amenés simultanément au laboratoire. L'identité du malade et l'analyse demandée sont introduites dans l'ordinateur par l'intermédiaire d'un télétype et sont enregistrées sur une mémoire à accès rapide (mémoire à disques).
A partir de celle-ci un certain nombre de listes peuvent être éditées selon les besoins du laboratoire. On peut établir ainsi :

- la liste des patients par ordre alphabétique ou par numéro d'hospitalisation croissant,
- la feuille de travail principale : elle est établie par numéro croissant et comporte les tests à effectuer sur chaque échantillon,

° *Medizinische Universitätsklinik, D-74, TUBINGEN.*

°° *Rush-Presbyterian St. Luke's Medical Center, Chicago, Illinois (U.S.A.).*

°°° *Le P.D.P. 8/L est fabriqué par la firme DIGITAL. G.B.*

- une liste partielle de travail pour chaque paillasse permettant au personnel de programmer son travail.
- les programmes de chargement des autoanalyseurs.

FONCTIONNEMENT :

Le processeur périphérique interroge chaque enregistreur à raison d'un canal par seconde et détermine la valeur du pic en pourcentage de transmission. Cette valeur est ensuite convertie en unités digitales°. Le processeur détecte et informe le technicien de la perte d'un pic ou de la présence d'un pic anormalement élevé. Les données sont enregistrées sur une mémoire à disques jusqu'à ce que la courbe de calibration ait été vérifiée. Ce système libère le technicien de la lecture des valeurs brutes et du calcul des valeurs de calibration. A chaque instant il lui est possible d'interroger l'ordinateur pour connaître le résultat d'une analyse.

AVANTAGES et INCONVENIENTS :

Avantages :

Il faut souligner d'abord la possibilité d'accéder directement et immédiatement au résultat lorque l'analyse est demandée en urgence. Ensuite le fait que le calculateur ne sert qu'à un seul laboratoire signifie que celui-ci peut en disposer librement. Il y a donc une disponibilité évidente entre le chef de laboratoire et le calculateur, de même il n'y a plus aucune ingérence extérieure entre le chef de laboratoire et le service informatique.

Inconvénients :

Jusqu'à présent le hardware nécessaire pour une telle implantation revient très cher car la vitesse d'entrée des informations (qu'il s'agisse des demandes ou des résultats) est très lente par rapport à celle d'exécution du calcul. Enfin le software demeure encore très lourd.

° *Digit : Unité de mesure directement utilisable par l'ordinateur.*

C H A P I T R E II

LE TRAITEMENT EN TEMPS DIFFERE OU "OFF LINE"

PRINCIPE :

Les données, c'est à dire ici les résultats d'analyses, sont stockées grâce à un périphérique situé dans le laboratoire. Cette phase est de longue durée, elle correspond en effet au temps de réalisation des analyses. Cependant l'ordinateur n'est pas sollicité durant cette période. Les données ainsi acquises sont ensuite traitées par l'unité centrale° selon des vacations préalablement établies. Cette façon de procéder permet d'introduire les informations dans la mémoire centrale de manière beaucoup plus rapide que dans le cas précédent et d'utiliser l'ordinateur dans le maximum de sa capacité et de sa vitesse. Ce mode d'utilisation fait l'objet de nombreuses applications. Nous décrirons l'une des principales réalisations, celle mise en place au YOUNGSTON HOSPITAL ASSOCIATION (OHIO - U.S.A.) dont le service de biochimie est placé sous la direction du Docteur RAPPOPORT qui a le mérite d'être le premier biochimiste à avoir utilisé un ordinateur dans le laboratoire.

° *Cette unité située à une distance plus ou moins grande du laboratoire, peut être utilisée par d'autres services.*

ORGANISATION DU SYSTEME :

Afin de situer l'importance de ce laboratoire par rapport à celui de l'hôpital Saint-ANDRE, nous préciserons que selon des statistiques établies en 1968 ce laboratoire de biochimie a effectué 1 200 000 analyses de 20 types différents (alors que nous en avions réalisé 300 000). Celles-ci se répartissent journellement de la manière suivante :

- 3 500 sont réalisées automatiquement avec 8 autoanalyseurs TECHNICON monocanal
- 525 sont effectuées par des méthodes semi-automatiques ou manuelles.

APPAREILLAGE :

Toute la gestion de l'Hôpital est traitée par l'intermédiaire d'un ordinateur IBM 360/40 relié au laboratoire par un terminal IBM 1050. Nous retrouvons cette configuration à l'hôpital Saint-Louis à PARIS (système G.A.M.M.).

Les résultats obtenus par les appareils d'analyses sont perforés automatiquement sous forme digitalisée par l'intermédiaire d'une station d'acquisition de données IBM 1080 connectée à une perforatrice IBM 1057/8. Les cartes de résultats ainsi obtenues sont mises en attente jusqu'au moment de leur traitement par l'ordinateur.

Des lecteurs de cartes automatiques type IBM 1084, incorporés aux distributeurs d'échantillons Technicon T40 sont utilisés pour l'identification des prélèvements° par les chaines automatiques. Des lecteurs de cartes semi-automatiques IBM 1082 sont branchés aux appareils de mesure permettant la lecture coup par coup pour les examens effectués soit manuellement, soit par des procédés semi-automatiques.

SCHEMA DE FONCTIONNEMENT :

L'organisation particulière et l'ensemble des programmes qui permettent le fonctionnement entièrement automatisé du laboratoire de YOUNGSTON constituent le L.I.S. (Laboratory Information System) qui peut être schématisé de la manière suivante :

° *En raison de leur manque de fiabilité ces appareils ne sont plus fabriqués.*

- Procédure des demandes d'analyses :

Les analyses sont prescrites par le service demandeur plusieurs jours à l'avance sur une feuille dite de prévision. Cette feuille est transmise au secrétariat du service où elle sert tous les soirs à l'établissement des cartes d'analyses pour le lendemain. Celles-ci sont constituées de deux autres cartes similaires possédant un carbone intercalaire. Elles portent également une liste des analyses susceptibles d'être demandées et un cadre où sera portée ultérieurement l'identification du malade.

La première de ces cartes constitue l'original et comprend une souche et quatre talons détachables. La deuxième constitue le double, elle ne comporte pas de talon mais reproduit les données portées sur l'original.

Pour demander une analyse, la secrétaire du service coche les cases correspondant aux analyses prescrites.

Elle y porte également les données d'identification du malade : nom, numéro d'hospitalisation, service, lit. La carte est envoyée au laboratoire où demande et double sont séparés. Les doubles sont classés par service dans un premier temps, puis par types de prélèvements pour chaque service. L'infirmière chargée de faire les prélèvements reçcit du laboratoire d'une part les tubes de prélèvements, d'autre part les originaux classés. L'identification du malade figurant sur la carte, le prélèvement nécessaire est effectué puis identifié par les talons détachables. Au niveau du laboratoire le personnel complète les doubles des cartes de demande en perforant les codes des analyses demandées, les données d'identification du malade et la date. Ces cartes sont ensuite triées par type d'analyses ; celles correspondant aux analyses automatiques sont conservées, alors que celles des tests manuels ou semi-automatiques sont reproduites en autant de cartes de travail qu'il y a d'analyses demandées. Un numéro de séquence est préperforé sur chacune de ces cartes.

Ces cartes sont ensuite classées suivant un mode séquentiel. Le double des demandes est conservé afin de pouvoir répondre aux questions survenant avant le traitement des résultats par l'unité centrale.

- Réalisation des analyses :

Les prélèvements une fois centrifugés sont placés sur des portoirs puis transmis aux postes de travail ; là trois éventualités sont offertes selon le type d'analyse.

1° - Cas des analyses automatiques :

La technicienne reçoit les portoirs avec les tubes. Ceux-ci sont uniquement identifiés par les talons des cartes de demandes fixés sur les tubes. Les prélèvements sont disposés sur le plateau distributeur d'échantillons Technicon sans se préoccuper de l'ordre, les volets d'identification insérés dans les fentes prévues à cet effet, permettent leur lecture par le 1084 placé au centre du plateau. Les résultats obtenus sur la perforatrice couplée à l'unité IBM 1081 comportent en plus l'identité du canal analytique, le numéro d'identité et la valeur en digits du résultat.

2° - Cas des analyses semi-automatiques :

La technicienne reçoit simultanément les cartes de travail disposées en séquence et les échantillons identifiés comme précédemment. Les protocoles de ces analyses sont exécutés classiquement, seule la lecture des résultats est automatique. Pour ce faire la technicienne introduit la carte de travail dans le lecteur des cartes semi-automatique 1082 connecté à l'appareil d'analyse. Cette introduction déclence d'une part l'enregistrement de l'identification perforée dans la carte et provoque la lecture puis la perforation de la valeur en digits de la mesure analytique sur la perforatrice déjà décrite.

3° - Cas des analyses manuelles :

La technicienne reçoit comme dans le cas des analyses semi-automatiques les cartes de travail disposées en séquence et les échantillons identifiés par un talon de la carte. Lorsque l'analyse est exécutée la technicienne perfore les résultats dans la carte de travail grâce à un système perfostyle°.

° *Une carte perfostyle IBM peut être perforée manuellement par une aiguille enfoncée à travers un masque.*

TRAITEMENT DES DONNEES :

A l'heure des vacations, les différentes cartes perforées sont transmises à l'ordinateur par l'intermédiaire du terminal 1050 du laboratoire.

L'ordinateur regroupe les différentes valeurs par type d'analyse et exploite ces données pour élaborer les résultats finaux puis il identifie chaque résultat. Ceux-ci sont alors rassemblés sous un même nom et ensuite imprimés.

Les vacations avec l'unité centrale sont au nombre de trois par jour, ce qui permet une émission partielle des résultats vers 13h 30, l'impression de tous les résultats n'étant faite que vers 18h 30.

AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE LA METHODE :

Avantages :

L'utilisation temporaire de l'ordinateur va permettre une grande économie financière. Il faut rappeler également que le fait de stocker les résultats d'analyses au niveau du laboratoire au fur et à mesure de leur réalisation rend possible leur introduction très rapide dans la mémoire centrale. Ceci permet d'obtenir une harmonie entre les vitesses d'entrée et de traitement des données, contrairement à ce qui se passait dans le système en temps réel.

Inconvénients :

L'inconvénient majeur est ici l'attente de l'heure des vacations pour sortir les résultats, quelque soit l'heure à laquelle les analyses ont été terminées. Par conséquent le système ne peut prendre en considération le traitement des urgences.

C H A P I T R E III

TRAITEMENT SEMI "ON LINE" DES DONNEES

Ce mode de traitement ne diffère de celui décrit précédemment que par le fait que les vacations peuvent être obtenues à tout moment.

L'organisation mise au point par les hôpitaux suédois d'UPPSALA, SUNDSVALL et HUDDICKSVALL repose sur ce système, nous le développons ci-après.

APPAREILLAGE :

Le laboratoire dispose en permanence de l'unité centrale IBM 1130, reliée au laboratoire par un IBM 1050. L'acquisition des données, lues sur les appareils d'analyses, est faite automatiquement par la station IBM 1081 connectée à une perforatrice de cartes 1057, comme dans le cas précédent.

SCHEMA DE FONCTIONNEMENT :

L'organisation particulière de l'ensemble des programmes qui permettent le fonctionnement entièrement automatisé dans ces laboratoires suédois constitue le C.L.S. (Clinical Laboratory System). Il a été élaboré par HJELM, de VERDIER (Uppsala University Hospital) sous la direction du Professeur SCHNEIDER (Uppsala University Data Center).

Le C.L.S. laisse une grande liberté dans le choix du mode d'identification du malade. En effet il y a trois procédures possibles de demandes d'analyses :

- Soit à l'aide d'un bordereau et utilisation d'une étiquette manuscrite pour identifier le tube de prélèvement.
- Soit à l'aide de cartes dans lesquelles les données d'identification du malade sont préperforées. Une étiquette préimprimée est alors utilisée pour identifier le tube de prélèvement.
- Soit à l'aide de doubles cartes à volets dans lesquelles un numéro de séquence est préperforé ; un volet de cette carte apposé sur le tube de prélèvement sert à l'identification de ce dernier par l'intermédiaire du T40. (Système analogue à celui de YOUNGSTON, page 17).

ORGANISATION DU SYSTEME :

Lorsqu'un malade est hospitalisé dans un service déterminé ou bien s'il s'agit d'un malade externe, les critères d'identification du malade, c'est à dire le nom, le prénom et le numéro d'hospitalisation, sont communiqués au laboratoire.
Ce dernier prépare alors une liasse de cartes sur lesquelles se trouvent ces critères d'identification en perforation et en clair, ainsi qu'une série d'étiquettes autocollantes portant ces mêmes renseignements. Cartes et étiquettes sont placées dans une pochette qui est transmise au malade.

Pour demander une analyse, l'infirmière utilise une de ces cartes, elle coche la ou les analyses qui devront être réalisées. Cette carte peut être accompagnée d'une feuille de renseignements précisant l'heure à laquelle le prélèvement a été effectué, la nature de l'anticoagulant et les commentaires éventuels. Le prélèvement correspondant est identifié à l'aide d'une étiquette autocollante.

REALISATION DES ANALYSES :

L'échantillon lors de son arrivée au laboratoire, est divisé en autant de tubes qu'il est demandé d'analyses, et un nombre correspondant de cartes est édité.

- Cas des analyses automatiques :

Sur chaque tube est apposé une étiquette portant le code de l'analyse demandée et le numéro d'ordre de l'échantillon dans la séquence du jour, séquence qui est propre à chaque analyse. L'échantillon est alors envoyé au poste analytique où il doit être traité.

Dans le même temps, le code des analyses est perforé sur les cartes de demande, ainsi que les renseignements manuscrits qu'elles peuvent porter. Ces cartes sont transmises à l'ordinateur qui met ces informations en mémoire. L'unité centrale imprime alors une feuille de travail par catégorie d'analyses dans un ordre qui sera celui de la séquence analytique. C'est selon cet ordre que la technicienne effectuera ses dosages. Cet ordre se retrouve dans les résultats perforés par l'unité IBM 1057.

- Cas des analyses manuelles :

Le protocole de travail est identique à celui décrit ci-dessus, toutefois, il comporte un stade supplémentaire celui de la perforation manuelle des résultats. Ces cartes pourront être lues et traitées ultérieurement de la même manière que celles obtenues automatiquement.

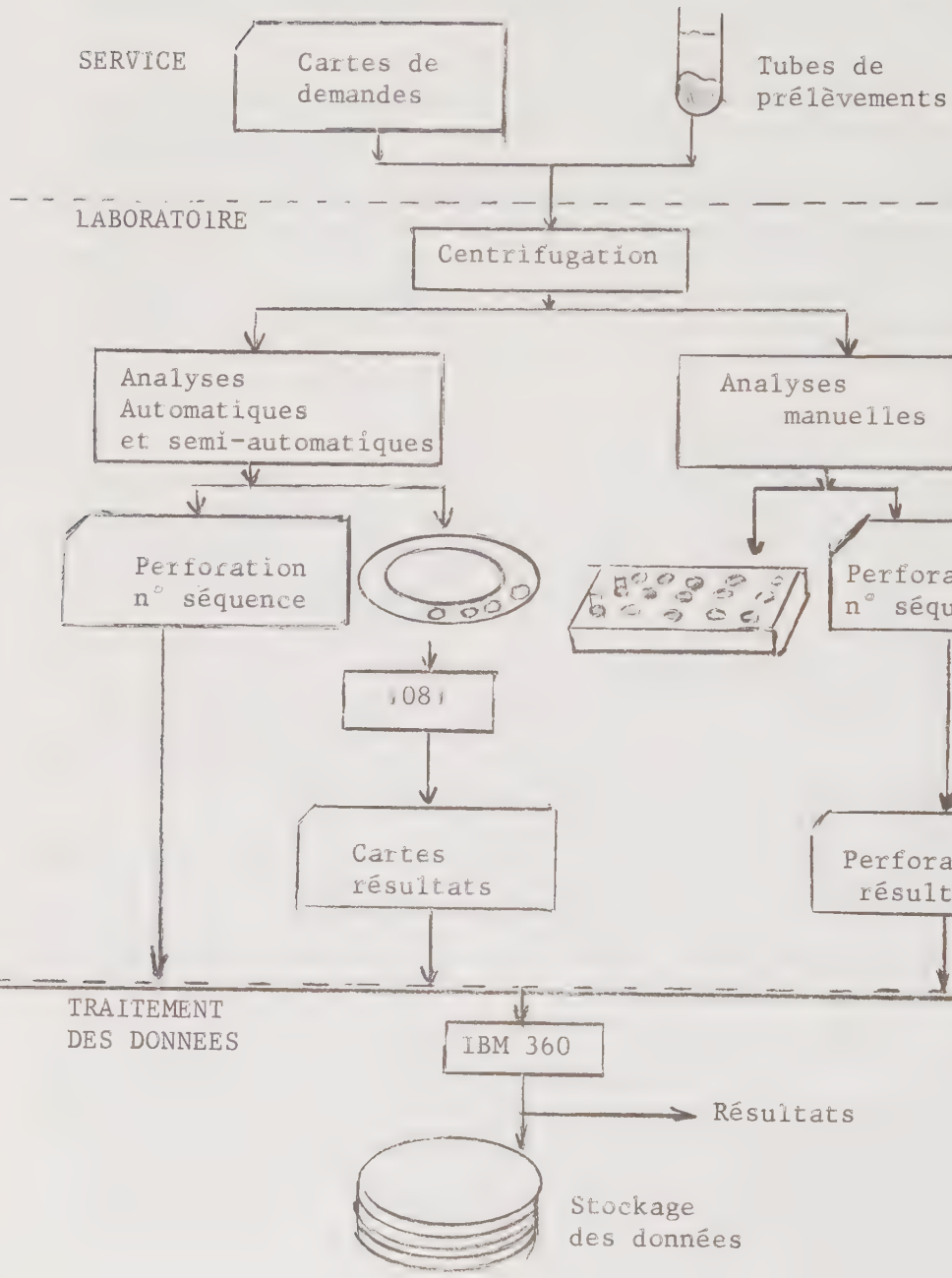
TRAITEMENT DES DONNEES :

Le C.L.S. a pour but de traiter les données d'un laboratoire de chimie, d'effectuer le contrôle de qualité et d'éditer les résultats avec l'identification du malade.
Le système se déroule de la manière suivante :

- les résultats exprimés en digits sont perforés par la station d'acquisition de donnée IBM 1081.
- les valeurs des résultats qui ont été perforées soit automatiquement par l'unité 1081, soit manuellement sont ensuite stockées sur disques,
- ces données sont traitées permettant le calcul de la contamination et de la concentration des échantillons,
- les résultats sont alors édités d'abord sous forme d'un "listing" général par catégorie d'analyses, ensuite sous forme définitive pour chacun des malades,
- enfin la mise en mémoire de ces résultats permet leur archivage et donc la possibilité d'effectuer un rapport hebdomadaire et un programme de statistiques.

DIAGRAMME GENERAL

DU C.L.S.



Nous avons reproduit ci-contre l'organigramme des différentes étapes.

AVANTAGES ET INCONVENIENTS DU SYSTEME :

Avantages :

Ils sont semblables à ceux indiqués précédemment dans le cas du traitement "off line" mais ici le même ordinateur peut servir à traiter les résultats de plusieurs laboratoires. Il faut souligner aussi la plus grande souplesse des demandes d'analyses.
C'est un des rares systèmes à être installé dans plusieurs laboratoires.

Inconvénients :

On peut reprocher à ce système la durée excessive du programme de traitement des données, son coût demeure relativement élevé et dépend du volume de l'ordinateur. En fait il doit être employé avec un IBM 1800 ou 1130.

D I S C U S S I O N

Ce bref exposé des installations existantes, nous montre qu'en ce domaine il y a pratiquement autant de solutions à l'informatique dans un laboratoire que de laboratoires.

Si les partisans du "on line" sont de loin les plus nombreux il faut remarquer que cette solution est due au fait que ces installations ont été réalisées tout au début des ordinateurs de deuxième génération.

Il est évident qu'il s'agit du mode d'exploitation le plus séduisant puisqu'il permet une réponse presque immédiate à une question donnée, le traitement simultané de plusieurs problèmes et permet d'envisager pratiquement un dialogue avec l'ordinateur.

Toutefois le matériel d'analyse offre difficilement la possibilité de ce contrôle continu, en effet la lenteur avec laquelle sont encore obtenus les résultats du laboratoire s'accorde mal avec l'extrême rapidité de leur traitement. Le matériel énorme nécessité par un tel système doit pour être rentable, être branché sur un processus à évolution rapide. Cette conception bien que très satisfaisante dans son principe devient trop onéreuse dans sa réalisation et difficilement applicable.

La mise sur le marché des ordinateurs de troisième génération amènera probablement une diminution du coût

de ces installations et permettra l'accession au traitement "on line" à des laboratoires plus modestes. C'est d'ailleurs dans cette voie que s'est engagé pour les prochaines années le Ministère de la Santé Publique pour les laboratoires des hôpitaux des C.H.R.

Le système "off line" ou "semi on line" a séduit un certain nombre de chefs de laboratoire, d'une part en raison de son moindre coût et d'autre part à cause du fait que la direction du service informatique ne se trouve pas au laboratoire n'obligeant pas ainsi le biologiste à devenir informaticien. La multiprogrammation sur un ordinateur lourd a donné un second souffle à cette configuration qui étant donné sa souplesse a permis à un certain nombre de laboratoires de faire les premiers pas dans l'informatique médicale sans trop de difficultés et sans aléas notables.

C'est pourquoi lorsqu'il s'est agi de choisir un système nous avons pensé que le mode de traitement suédois était le plus adaptable aux conditions françaises et plus précisément le modèle d'HUDDICKSVALL dont la configuration hospitalière était la plus proche de l'hôpital Saint-ANDRE tant au point de vue hôpital qu'au point de vue laboratoire.

De plus nous avons estimé préférable de choisir un système proche géographiquement, dont le programme avait déjà fait ses preuves et qu'il était facile de transposer dans l'esprit de la médecine française.

En effet, non seulement le Professeur SCHNEIDER nous avait fait parvenir le programme écrit sur IBM 360, mais aussi les éléments (cartes de demandes et de résultats) permettant de traiter le programme sur nos appareils. Qu'il en soit remercié à nouveau.

D E U X I E M E P A R T I E

TRAVAUX PERSONNELS

C H A P I T R E I

ANALYSE DE LA CONFIGURATION

INTRODUCTION

Lorsque l'informatisation d'un laboratoire est décidée, l'analyse minutieuse des conditions d'exploitation est assurément un point capital. Celle-ci pour être constructive doit être poussée dans ses moindres détails ; en effet, la transformation ou l'amélioration des gestes les plus banaux répétés quotidiennement et machinalement par le personnel vont chacun poser un problème qui devra être résolu si l'on veut assurer le bon fonctionnement du système.

Il est également indispensable de préciser ou de faire préciser les méthodes utilisées et de s'assurer que ces méthodes n'évoluent point en fonction du temps. Si ceci a lieu toute informatisation devient souvent impossible aussi est-il nécessaire pour que les analyses suivent fidèlement les processus du laboratoire, de figer en quelque sorte les différentes techniques et les gestes s'y afférant, de telle manière que l'ordinateur puisse fonctionner tous les jours dans les mêmes conditions. La conséquence est évidente, ne peut être informatisé qu'un laboratoire déjà optimisé.

Si l'objectif demeure d'informatiser un laboratoire, il ne faut pas non plus oublier que le personnel n'est pas pour autant transformé en robot n'ayant plus aucune initiative. Les structures informatiques ayant oublié cette vérité première ont dû être rapidement abandonnées, le personnel n'ayant pas "collé" au système.

Enfin, introduire un ordinateur au laboratoire sans mettre en place une structure informatique dans le cadre hospitalier, c'est-à-dire, sans faire participer aux travaux du laboratoire tout le personnel du C.H.U. risque évidemment de compliquer le problème et parfois même de le faire échouer.

C'est pourquoi nous ferons l'analyse de la situation du malade dans le centre hospitalier telle qu'elle se présentait avant l'informatisation du laboratoire, c'est à dire en 1968. Cette analyse comportera quatre parties.

Dans la première, nous trouverons les contraintes administratives auxquelles sont soumis les malades lors de leur admission dans une unité de soins.

Dans la seconde, nous développerons les conditions pratiques qui précèdent la prise de sang d'un malade en vue d'une analyse biologique.

Dans la troisième, nous montrerons de quelle manière le laboratoire est organisé afin d'exécuter la demande analytique dans un délai le plus court possible.

Dans la quatrième, nous décrirons les tâches du secrétariat en vue de l'élaboration des feuilles de résultats ainsi que les différentes statistiques qui sont nécessaires en vue d'établir une facturation.

A chaque partie correspondra une étude analytique de la situation et la mise en évidence des procédures non adaptées à une médecine moderne et pour lesquelles des solutions plus satisfaisantes ont pu être élaborées.

A - *CONTRAINTES ADMINISTRATIVES*

Nous désignons par le terme de contrainte administrative une série d'opérations réalisées par l'administration hospitalière dans le but de préciser l'identification du malade et toutes les informations permettant de connaître son régime social, ses antécédents. Ces informations ont essentiellement deux buts, l'un est la recherche éventuelle de son dossier si ce malade a déjà été hospitalisé, sinon sa création, le second est celui d'établir un dossier administratif dans lequel se trouvent tous les actes médicaux effectués et qui permettront ainsi leur facturation.

Lors de l'admission d'un malade dans un service hospitalier, le malade est° inscrit sur le registre d'admission et se voit attribué un numéro d'ordre sans saut ni report. Ce registre est remis à jour le 1er janvier à 0 heure, ce qui implique que tous les malades déjà hospitalisés dans la nuit du 31 décembre au 1er janvier changent de numéro.

Sur une fiche sont reportés le numéro d'hospitalisation, les critères d'identification : nom, prénom, adresse, le numéro INSEE, le numéro de la sécurité sociale, le régime de maladie, le régime complémentaire s'il y a lieu etc...

Le malade se voit affecté à un service soit en raison de son état, soit à la suite d'une consultation préalable avec un chef de service. Il amène avec lui la fiche qui a été remplie au bureau des entrées où seront conservées toutes les informations.

Cependant, dans le cas où le malade vient au centre hospitalier en vue de recevoir des soins ou de consulter un clinicien sans pour autant être hospitalisé, une fiche analogue est crée comportant les mêmes indications et l'attribution d'un numéro correspondant sur le registre des soins de consultations externes.

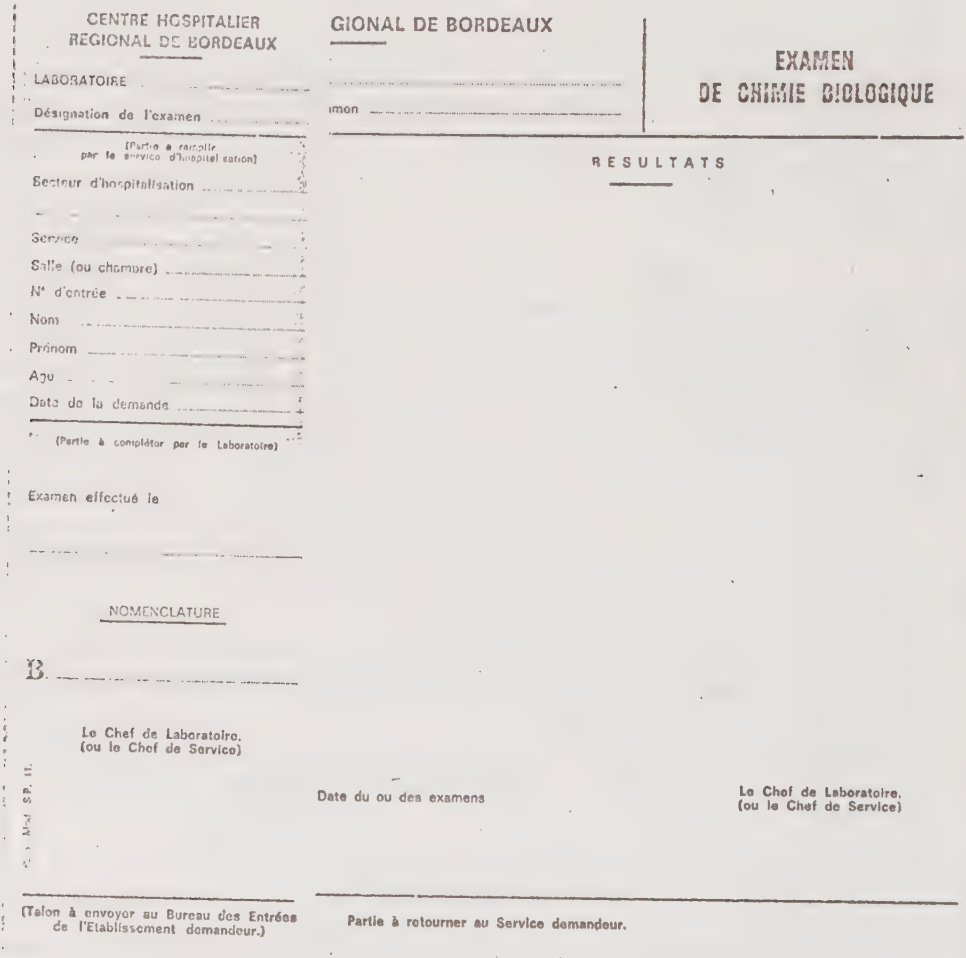
Sur cette fiche seront indiqués par le médecin ou l'infirmier les actes médicaux effectués. Le consultant devra la déposer en repartant et régler à la caisse les dépenses.

La présence de malades pour lesquels des actes médicaux identiques peuvent être effectués et qui peuvent posséder des numéros identiques pour les identifications différentes, ne permet pas de se fier uniquement au numéro d'hospitalisation pour identifier un malade.

° *Pour des raisons de présentation, nous utilisons le mode présent bien qu'il s'agisse ici de la situation telle qu'elle se présentait en Octobre 1968 avant l'informatisation.*

B - PROCEDURE DE DEMANDES D'ANALYSES

Les demandes d'analyses sont réalisées sur des feuilles préimprimées réglementaires dont la coloration est significative de la nature de la demande ; ainsi le vert caractérise les examens de chimie biologique d'où le nom de "bon vert" attribué à ce bordereau. Nous avons reproduit sur la figure n° 1 ce bon vert.



CENTRE HOSPITALIER
REGIONAL DE BORDEAUX

GIONAL DE BORDEAUX

EXAMEN
DE CHIMIE BIOLOGIQUE

LABORATOIRE

Désignation de l'examen

imon

(Partie à remplir par le service d'hospitalisation)

Secteur d'hospitalisation

Service

Salle (ou chambre)

N° d'entrée

Nom

Prénom

Age

Date de la demande

RESULTATS

(Partie à compléter par le Laboratoire)

Examen effectué le

NOMENCLATURE

B.

Le Chef de Laboratoire,
(ou le Chef de Service)

Date du ou des examens

Le Chef de Laboratoire,
(ou le Chef de Service)

(Talon à envoyer au Bureau des Entrées de l'Etablissement demandeur.)

Partie à retourner au Service demandeur.

Figure n° 1 : reproduction d'un bon vert.

Ce bon vert est formé de deux parties. La première est un talon détachable qui doit être rabattu sur le feuillet principal dont il recouvre très exactement la colonne de gauche, partie à remplir par le service d'hospitalisation. Un certain nombre de renseignements doivent y être portés : nom, prénom du malade, son numéro d'hospitalisation, l'âge, le sexe, la salle, le lit, le nom du chef de service, la date de la demande.

Au dessous, un espace libre permet de noter le diagnostic clinique présumé. Enfin, au bas du talon est mentionnée l'analyse désirée. La signature du chef de service doit figurer aussi sur le talon. La présence d'un carbone sur le talon permet de reproduire ces inscriptions sur le bordereau principal.

Les résultats sont obligatoirement transcrits sur le bordereau qui est retourné au service demandeur tandis que le talon reste au laboratoire. On indique sur ce dernier les valeurs en B de ou des analyses effectuées, ils sont ensuite groupés et classés par service afin d'établir les éléments de statistiques correspondant à ces services enfin reclassés par malade puis transmis au bureau des entrées afin d'être placés dans le dossier de ces malades où ils servent ultérieurement à établir la facturation.

Le prélèvement de sang est effectué par le personnel du service demandeur au moyen de seringues classiques et le contenu de la seringue est transvasé dans un ou plusieurs tubes à centrifuger, disposés sur un portoir. Ces tubes peuvent le cas échéant contenir des anticoagulants afin de réaliser certaines analyses particulières. Une étiquette est apposée sur les tubes sur laquelle sont inscrits les critères d'identification et la nature de l'examen demandé. Ces diverses opérations sont répétées autant de fois qu'il y a d'analyses ou de groupes d'analyses demandés.

Les prélèvements terminés, les tubes et les "bons verts" remplis sont transférés au laboratoire par le personnel du service demandeur.

C - ORGANISATION AU NIVEAU DU LABORATOIRE

Dès leur arrivée au laboratoire, les tubes sont placés sur des portoirs appropriés en vue de leur triage, puis de leur centrifugation, tandis que les bon verts sont rassemblés par la secrétaire et triés par catégories d'analyses.

Il est bien évident que l'organisation rationnelle du laboratoire nous a conduit à analyser la nature des examens demandés et leur nombre. En effet dans la mesure où il n'est pas possible d'établir un bon par analyse, il faut les grouper d'une manière logique et facilement utilisable. Par ailleurs, leur dénombrement permet de se rendre compte de l'accroissement des demandes pour une analyse donnée et donc de juger de la nécessité d'adapter certaines analyses manuelles sur une chaine automatique. Cette étude nous a permis de recenser environ 120 sortes d'analyses que nous diviserons en trois groupes.

1°) Rappel des analyses effectuées :

a) - Analyses très demandées :

Leur nombre est supérieur à 1 000 par mois. (Il atteint 1 200 pour les glycosuries, 2 000 pour la chimie simple des urines et 3 500 pour les examens groupés dans le bilan S.M.A. 12/30°).
Elles regroupent les examens suivants :

- le bilan S.M.A. 12/30 qui comporte le dosage des éléments ci-après :
  - sodium
  - potassium
  - chlore
  - réserve alcaline
  - protéines totales
  - albumine
  - calcium
  - phosphatase alcaline
  - bilirubine totale
  - urée
  - glycémie
  - transaminase G.O.

° *Le S.M.A. 12/30 est un analyseur multiple et séquentiel fabriqué par la firme TECHNICON, (TARRYTOW, N.Y.) dont le premier exemplaire a fonctionné en France au Laboratoire Central de Biochimie en 1966.*

L'appareil, un des premiers modèles capables d'effectuer sur un même échantillon des douze analyses est venu poser le problème des examens non demandés. (JENSEN et LABADIE°, ont montré que durant les premiers mois de son fonctionnement, près de 17,5 % des examens non demandés étaient anormaux. Par la suite, ce chiffre a baissé, les cliniciens demandant une grande partie du bilan et souvent la totalité afin d'éviter l'oubli d'un paramètre).

- Les examens entrant dans la chimie des urines :
  - recherche des éléments anormaux et leur dosage éventuel
  - urée
  - électrolytes.

Sont un peu moins demandées entre 100 et 1 000 par mois :

- électrophorèse des protides
- cholestérol
- lipides totaux
- bilirubine directe et indirecte
- épreuve à la B.S.P.
- épreuves d'hyper - et hypoglycémie provoquée
- amylasémie et amylasurie
- transaminase G.O. et G.P.
- phosphatases acides.

b) - Analyses moins demandées entre 20 et 100 par mois :

- acide urique
- triglycérides
- phospholipides
- acides gras libres
- électrophorèse des lipides
- phosphore
- calcémie
- clearances de l'urée, de la créatinine
- constante d'Ambard
- tubages gastriques.

° *JENSEN et LABADIE : Importance du S.M.A. 12 dans un Centre Hospitalier Universitaire, TECHNICON Symposia, 1967, Vol. II "Automation in Analytical Chemistry".*

c) - Les analyses peu demandées. Dans ce groupe évidemment très vaste nous mentionnerons :

- porphyrines
- glucidogramme
- aldolase
- créatine-phosphokinase
- acide lactique
- acide pyruvique.

Ces analyses ne sont que très peu demandées pour deux raisons principales : la première réside dans leur relative difficulté d'exécution et doivent être pour cela confiées à un personnel plus qualifié. La seconde est qu'il s'agit le plus souvent d'analyses effectuées dans le cadre de la recherche s'écartant des caractéristiques d'un laboratoire de routine.

Cependant la possibilité d'une certaine automatisation permet de proposer aux cliniciens des analyses de ce groupe, de ce fait elles entrent dans les groupes a et b.

2°) - Réalisation des analyses :

Dès leur arrivée au laboratoire, les tubes de sang sont centrifugés. Les échantillons d'urines et les sérums sont ensuite distribués aux différentes paillasses de travail. Seuls les tubes destinés au S.M.A. 12/30 sont stockés à part car ils suivent un trajet différent.

Chaque technicienne reçoit donc uniquement les échantillons nécessitant un dosage particulier et cela d'une manière échelonnée au cours de la matinée. S'il lui est possible de mener son travail selon ses propres désirs, elle est toutefois contrainte de tenir un cahier de paillasse où elle doit porter chaque jour la liste nominative des patients (on retient les noms, prénoms, salle et lit) et mentionner au fur et à mesure les résultats des analyses effectuées. Ce cahier transmis au secrétariat sert ultérieurement à la retranscription et l'archivage des résultats.

a) - Cas des analyses effectuées sur le S.M.A. 12/30 :

Les tubes de sang destinés à être analysés sur le S.M.A. 12/30 sont d'abord placés sur un support spécial comportant trois rangées de dix trous. Nous l'avons reproduit ci-après :

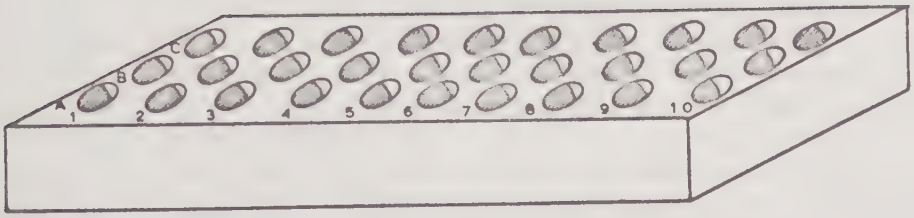


Figure n° 2 : Bloc support de tubes.

Chaque rangée est identifiée par une lettre A, B, C ... et chaque trou est numéroté de 1 à 10 à partir de la gauche. De cette manière chacun des tubes est identifié par sa rangée et sa position dans la rangée.

La dixième position du portoir est libre de tout tube. En fait, elle demeure inutilisée car elle permet d'introduire à ce niveau un échantillon standard qui a pour but de vérifier et de réajuster l'étalonnage de chaque canal analytique tous les dix dosages. Cette façon de procéder assure une grande sécurité dans le déroulement des analyses.

Le portoir une fois rempli passe par le secrétariat où il est établi un bordereau de travail. Ces feuilles de travail sont constituées d'un tableau à double entrée que nous avons reproduit sur la figure N° 3.

HOPITAL SAINT ANDRE — LABORATOIRE DE BIOCHIMIE : Prof. R. JENSEN — Date :

NOMS	SALLES		Na^+	K^+	Cl^-	CO_2	TP	ALB	Ca^{2+}	Phos	Bil.	Urée	Gluc.	SGOT
1 DUPONT M.	15 - 2													
2 DURAND P.	33 - 8													
3 MARTIN E.	24 - 1													
4 DELBOS J.	13 - 12													
5 DAVID M.	1 - 10													
6 DUFOUR L.	19 - 16													
7 SIMON B.	24 - 2													
8 GOMEZ A.	32 - 4													
9 LEBLANC Y.	2 - 18													
10														

Figure n° 3 : Reproduction d'une feuille de travail du S.M.A. 12/30.

Sur la première colonne sont indiqués les noms et prénoms de chaque malade, sur la deuxième les numéros de salles et de lits, la troisième demeure libre, enfin les douze colonnes suivantes recevront les résultats du S.M.A. 12/30 dans l'ordre selon lequel ils apparaissent sur l'enregistreur. Les critères d'identification qui se trouvent sur les tubes sont transcrits sur chacune des neuf lignes identifiées par un numéro correspondant à l'ordre dans lequel ils se trouvent sur le portoir. Une feuille est remplie pour chacune des rangées, il y aura donc trois feuilles par portoir, chacune recevant l'indication de la lettre de la rangée correspondante.

Les feuilles de travail et les portoirs sont transférés au poste de travail du S.M.A. 12/30. La technicienne dispose sur le plateau distributeur d'échantillons les godets remplis selon l'ordre du portoir et du bordereau de travail. Les positions 10, 20, 30, 40 reçoivent les standards destinés à l'étalonnage du S.M.A. 12/30.

Les résultats sortent sur l'enregistreur selon un diagramme séquentiel que nous reproduisons sur la figure suivante :

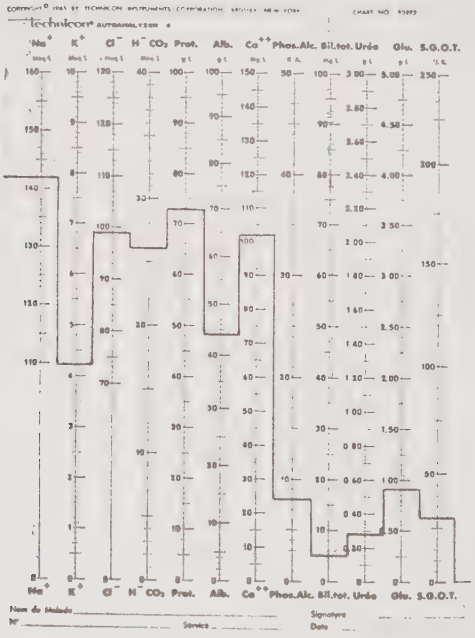


Figure n° 4 : Diagramme des résultats.

Ces diagrammes apparaissent selon leur séquence d'introduction, il suffit donc pour les identifier de connaître le premier. En fait, il s'agit toujours d'un standard qui a été placé sur la position 40 (c'est à dire la dernière) sur le distributeur d'échantillons pour des raisons pratiques. Il se voit attribué la lettre A et va initialiser la série. Les diagrammes suivants sont numérotés de un à neuf, puis le dixième qui est de nouveau un standard reçoit la lettre B et ainsi de suite.

Chaque série terminée, les godets sont évacués du plateau distributeur au cours même de sa rotation et sont remplacés par la série suivante.

L'opératrice transcrit les résultats sur le bordereau au fur et à mesure de leur apparition sur l'enregistreur. Un dispositif particulier, un récupérateur de mou, permet de laisser s'accumuler des longueurs de papier sans ennui et il est ainsi possible à l'opératrice d'interrompre la transcription des valeurs, le temps d'un changement de godet par exemple.

Le papier enregistreur est plié en zig zag avec en exemple la lettre qui initialise la série et le bloc est déchiré après le neuvième diagramme. Cette façon de travailler est originale et aura une grande importance lors de l'informatisation.

- Cas particulier des urgences :

Une urgence se caractérise de la manière suivante : c'est un examen biologique dont le résultat obtenu dans un délai le plus court possible est indispensable à l'application d'une thérapeutique qui conditionne la vie du malade.

En ce qui concerne le S.M.A. 12/30, le délai le plus court possible est celui nécessaire au circuit analytique, il ne peut être modifié.

Pour résoudre le problème on peut toutefois jouer sur l'ordre de passage des échantillons. Il suffit alors de placer le dosage urgent juste avant le godet qui est en cours de prélèvement. Il est alors nécessaire de modifier les critères d'identification sur la feuille de travail. Pour ce faire le nom du malade est rayé et l'identification du malade urgent

est portée dans la troisième colonne laissée libre jusqu'ici.

A la sortie du diagramme, les résultats sont alors transmis au service demandeur, on peut estimer qu'un délai de 15 à 17 minutes soit seulement nécessaire pour transmettre un résultat urgent.

- Cas des autoanalyseurs de première génération :

Ce type de chaine automatique est utilisé pour le dosage de l'urée et du glucose urinaire. Les analyses sont effectuées selon les méthodologies classiques des TECHNICON de première génération. La comparaison des hauteurs de pics par rapport à la courbe d'étalonnage effectuée dans les mêmes conditions donne directement le résultat en terme de concentration.

L'ordre dans lequel les échantillons sont placés sur le plateau est comme dans le cas du S.M.A. 12/30 celui inscrit sur le cahier de paillasse.

Dans le cas des dosages du glucose urinaire, un test simple à la glucose-oxydase permet de sélectionner les urines ayant une réponse positive. Il est ainsi possible de grouper au préalable les échantillons qui seuls seront dosés.

Cependant nous avons vu que les analyses d'urines pouvaient être du type urine à trois bocaux, cela signifie que un, deux ou trois échantillons d'urines provenant de trois époques différentes de la journée peuvent porter le même nom. Il devient donc impossible d'obtenir une séquence valable et systématique si l'on évite de passer les échantillons dont la teneur en glucose est nulle. Il est alors préférable de grouper les échantillons provenant d'un même malade et de laisser un emplacement libre entre chaque série de godets.

Cette manière de procéder permet une identification des résultats très aisée. Ceci présente un grand intérêt lorsqu'il est nécessaire de procéder à la dilution d'un échantillon ou encore de refaire le dosage d'une urine contaminée par un autre pic de concentration plus élevée, le pic étant souvent mal délimité (overlapping) dans ces conditions. La recherche de l'urine donnant ce pic mal défini est alors d'une grande simplicité.

- Cas des analyses manuelles :

Les mesures étant le plus souvent analogiques, il n'y a aucun problème à priori. Il suffit d'effectuer la lecture des résultats à l'aide d'une abaque réalisée une fois pour toutes.

Seul le cas des électrophorèses est un cas particulier. Il est nécessaire en effet, de procéder à une migration, une coloration, une mesure densitométrique après transparisation des bandes et enfin à l'interprétation de la courbe grâce au calcul des différentes fractions.

3°) - Edition des résultats :

Au fur et à mesure que les résultats sont terminés il sont notés sur les cahiers de paillasse et sont transférés au secrétariat, qui, durant le temps nécessaire à la réalisation des analyses, a classé les bons verts selon les analyses demandées.

La transcription des résultats est alors effectuée à la main par la secrétaire et surtout les laborantines. On peut estimer que l'édition de 8 000.000 de B annuels nécessite par jour un recopiage de 5 personnes (4 laborantines plus la secrétaire), pendant plus de trois heures par jour. Une fois le recopiage terminé, la secrétaire inscrit sur le talon la valeur en "B" de ou des analyses et détache ce dernier du bon.

Les bons sont alors classés par salles et mis à la disposition des chefs de service à partir de 17 heures, tandis que les talons suivent la procédure décrite page 37.

DISCUSSION.

Cette analyse de la configuration fait apparaître les principaux inconvénients du système antérieur et nous montre que la mise en place de l'informatique ne pouvait être réalisée avec succès qu'après avoir éliminé un certain nombre de points délicats qui, sans être essentiellement du cadre de l'informatique, risquaient par leur présence de bloquer le processus. Il faut aussi se pénétrer de l'idée que l'informatique fait bénéficier de sa vitesse la réalisation d'un certain nombre de besognes élémentaires (par élément),

nombreuses et fastidieuses si elles se déroulent d'une manière toujours identique jusque dans les moindres détails.

En effet, l'ordinateur s'avère incapable de s'adapter tout seul aux fluctuations des travaux qu'on lui présente. Pour que cela lui soit possible, il faut tenir compte dans le programme de toutes les situations auxquelles il doit faire face à l'aide des tests. Or, il est bien évident que le domaine de la chimie et surtout celui de la biochimie est celui des fluctuations nombreuses et imprévisibles.
Elles peuvent se manifester au niveau : du malade, des techniques analytiques, de la machine (photomètres, dégradation des réactifs etc..). Certes ces variations existent aussi sans informatique et les résultats émis sont, malgré tout, de bons résultats. C'est l'adaptation très rapide (système D) du biochimiste à la situation qui la rétablie dans son bon sens.

Le système D est malheureusement improgrammable, il faut donc nécessairement réaliser un système analytique qui doit exempt de toute fluctuation ; c'est à ce prix que l'informatisation pourra être un succès.

Dans le chapitre suivant nous verrons quelles solutions ont pu être apportées au problème des prélèvements puis à celui des demandes d'analyses, nous essayerons ensuite de faire une critique constructive des méthodes d'analyses. Nous étudierons quel choix peut être fait en matière d'identificateurs d'échantillons. Dans un dernier temps enfin, nous verrons comment le choix d'un matériel informatique implique le choix du software correspondant.

CONCLUSION DU PREMIER CHAPITRE

Dans ce chapitre nous avons abordé l'analyse de la configuration au laboratoire central de Biochimie de l'Hôpital Saint-ANDRE avant l'informatisation. Cette analyse comprend :

- L'étude des conditions de demandes des analyses tant au point de vue administratif (bon vert) qu'au point de vue des services.

- L'organisation des analyses elles-mêmes sur un plan technologique pour montrer que l'édition manuelle des résultats conduisait à un blocage presque complet du secrétariat.

° ° °

C H A P I T R E II

I - SOLUTION AU PROBLEME DES PRELEVEMENTS

Les inconvénients du système utilisé précédemment ont pu être supprimés grâce à l'utilisation des tubes vacutainers "BECTON DICKINSON". Nous rappellerons simplement que cette méthode utilise des tubes de 10 ml dans lesquels le vide a été pratiqué. Il sont obturés par un bouchon de caoutchouc dont la couleur varie selon la nature de l'anticoagulant placé à l'intérieur. Des tubes stériles sont également prévus pour les prélèvements destinés à une analyse microbiologique.

Au laboratoire, des tubes secs, c'est à dire, sans anticoagulant sont utilisés, les diverses analyses étant effectuées sur le sérum.

Le porte aiguille que nous avons reproduit sur la figure n° 5, est constitué d'un tube en matière plastique dans lequel le tube à prélèvement peut coulisser tandis que la partie extérieure est terminée dans l'axe du tube par un filetage permettant d'introduire et de fixer l'aiguille à prélèvement. L'aiguille est présentée dans une pochette stérile. La mise en place se fait sans contamination de l'aiguille, celle-ci étant protégée par un étui en matière plastique qui vient se fixer sur le filetage par un ajustage baïonnette. L'autre extrémité de l'aiguille est recouverte d'une fine languette de caoutchouc, celle-ci recouvre une ouverture latérale de la lumière de l'aiguille dont le biseau est obturé. Aux deux tiers de sa longueur un anneau possédant un

filetage correspondant à celui du porte aiguille permet la fixation rapide de l'aiguille.

Lors du prélèvement, l'opérateur introduit d'abord l'aiguille décapuchonnée dans la veine, puis enfonce le tube à l'intérieur du porte aiguille. L'autre extrémité de l'aiguille perfore le bouchon du tube ; la gaine de caoutchouc étant automatiquement repoussée, la lumière latérale de l'aiguille met en communication le vide du tube avec le sang. Ce vide provoque un afflux de sang jusqu'à ce que les pressions soient équilibrées et permet de prélever un volume voisin de 9 ml.

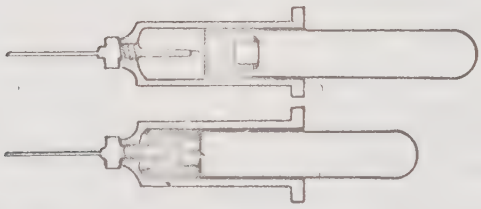


Figure n° 5 : Schéma du système vacutainer.

Selon cette technique il est possible d'effectuer plusieurs prélèvements successifs sans pour autant retirer l'aiguille de la veine du patient. En effet, lorsque le tube est retiré la languette de caoutchouc se dépile à nouveau et vient recouvrir immédiatement la lumière de l'aiguille évitant ainsi toute communication avec l'air. Il suffit alors de prendre un autre tube et de recommencer l'opération.

Les avantages de cette méthode sont nombreux. En ce qui concerne le malade, l'aiguille utilisée étant très fine, la douleur est minime. Il faut souligner ensuite que tubes et aiguilles ne serviront qu'une fois le problème du nettoyage est résolu. De même il n'y a plus de prélèvements insuffisants, les tubes étant tous pleins, pour autant qu'on attende leur remplissage.

Il s'agit enfin d'une méthode facile et commode pour l'opérateur, les tubes étant obturés il est possible de les poser sur le lit sans support. Ils ne risquent pas non plus d'être renversés lors de leur transfert au laboratoire.

II - SOLUTION AU PROBLEME DES DEMANDES D'ANALYSES

Nous avons montré page 36 que les demandes d'analyses faites sur le bon vert réglementaire conditionnaient d'une manière irréversible à la fois la demande elle même mais aussi l'édition des résultats et enfin le problème comptable. Aucune solution informatique raisonnable ne pouvait s'accommoder de l'utilisation d'un tel document.

Il nous est d'abord apparu nécessaire de séparer les trois fonctions liées à ce bon. C'est la solution adoptée pour résoudre le problème des demandes d'analyses que nous allons développer maintenant.

Nous avons utilisé à cette fin la carte perforée. Ce choix a été motivé par plusieurs raisons :

- La première, c'est en fait la principale, parce que tous les systèmes informatiques en fonctionnement utilisent des cartes perforées comme support de la demande.
- La seconde, parce que nous avons retenu une carte perforée d'un dessin particulier et tel que le fait de cocher simplement une case dans un emplacement bien défini est suffisant pour indiquer au laboratoire l'analyse désirée.
- Il s'agit enfin d'un support suffisamment solide pour recevoir des éléments d'écriture sans être détérioré, point très important dans les salles de malades.

Enfin, nous avons écarté les cartes dites perfostyles (système où l'opératrice au moyen d'une marque perfostyle la demande, c'est à dire, détache à l'aide d'un poinçon approprié un petit rectangle de carton libérant une perforation sans qu'il soit nécessaire d'utiliser une perforatrice) pour les raisons suivantes :

- Ce système nécessite un matériel léger certes mais indispensable pour la perforation, ainsi que les marques appropriées.
- Le risque d'erreur est important mais surtout aucun contrôle ne peut être fait à postériori.

- Enfin le petit carton peut ne pas être toujours éliminé complètement provoquant des erreurs de lecture au cours du traitement par machine.

Le schéma des cartes perforées que nous utilisons répond aux impératifs suivants :

a) - Les critères d'identification sont déjà perforés sur la carte avant son utilisation. Par ailleurs, figurent en tête de la carte les indications en clair de ces perforations.

b) - Les noms des analyses figurent en clair sur la carte et comportent sur leur gauche un carré à cocher.

c) - Les zones à cocher d'une part et les indications manuscrites qui doivent être perforées ultérieurement (date, heure, séquence etc...) sont placées de telle façon que lors d'un traitement par une machine à perforer, ces indications ne se trouvent pas sous la barrette de perforation mais de part et d'autre de cette dernière afin que l'opératrice puisse en faire la lecture sans ennui.

d) - Les perforations devront pouvoir être contrôlées d'une manière simple soit par exemple par le report en clair des perforations, soit par la perforation en une zone bien définie et décrite en clair.

e) - Ce document doit enfin pouvoir recevoir les résultats des techniques manuelles.

f) - Enfin ces cartes devront pouvoir être renouvelées sans erreur très rapidement et le cas échéant pouvoir servir à d'autres usages que ceux du laboratoire.

Nous nous sommes arrêtés à 6 types de cartes différents. Ces cartes de couleurs appropriées comportent en surimpression les indications suivantes :

- SANG pour deux cartes, l'une rose (figure n° 9 page 56) et l'autre saumon (figure n° 10 page 57).
- URINE pour la carte jaune (figure n° 11 page 58).
- URINE ET CLEARANCE pour la carte verte (figure n° 12 page 59).
- DIVERS une carte blanche (figure n° 6 page 51).
- RENOUVELLEMENT une carte bleue (figure n° 13 page 61).

Toutes ces cartes que nous allons discuter, comportent les mêmes indications générales qui sont les suivantes et dans l'ordre de gauche vers la droite (figure n° 6) : le numéro d'hospitalisation, le nom et prénom, l'âge, le sexe, la salle et le lit.

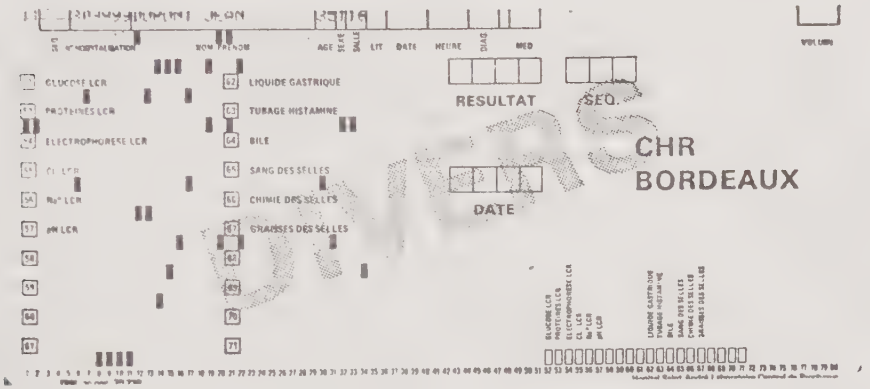


Figure n° 6 : Schéma général d'une carte.

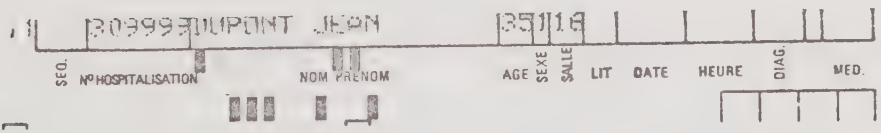


Figure n° 7 : Détail particulier d'une carte.

Le jeu de cartes destiné au malade est établi de la manière suivante. Au bureau des entrées, chaque malade se voit constituer le dossier que nous avons décrit, puis ce dossier est transmis au secrétariat informatique doté d'un terminal lourd type 1050 I.B.M.. Les critères d'identification sont perforés sur une carte classique, cette carte sert à l'établissement d'une liasse comprenant cinq cartes de chaque catégorie et une carte renouvellement. Cette liasse une fois constituée est placée dans un lecteur de cartes en vue d'établir un lot d'étiquettes autocollantes sur lesquelles sont reproduits les critères d'identification, chaque carte permettant de créer une étiquette. Un fois l'opération terminée, les cartes sont placées dans un support en carton

recouvrant pratiquement toute la carte à l'exception des critères d'identification. Nous avons représenté sur la figure n° 8 le porte-cartes, il a pour but de protéger les cartes sensibles à l'humidité, sans pour cela être obligé de les sortir pour lire l'identification.

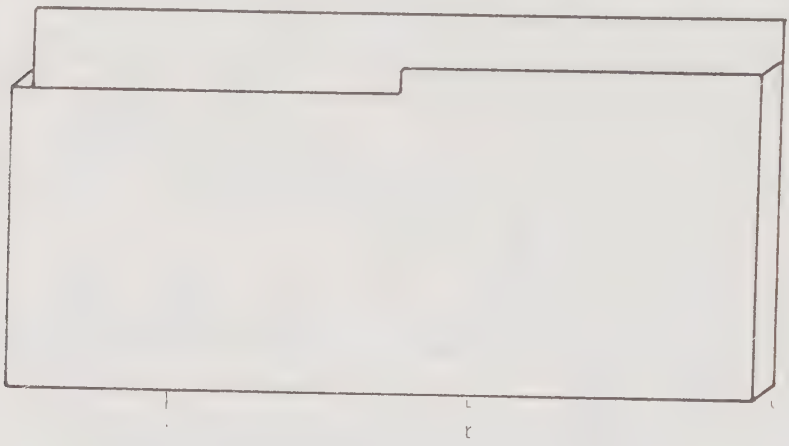


Figure n° 8 : Schéma d'un porte-cartes.

Ce jeu auquel on joint les étiquettes autocollantes accompagne le malade. L'établissement du jeu complet demande 5 minutes environ, il n'y a donc aucun problème pour une demande aussi urgente soit-elle. De plus comme nous le verrons ultérieurement, il n'est pas nécessaire d'avoir la carte perforée pour effectuer l'analyse, les cartes peuvent donc arriver après le dépôt de l'échantillon à analyser.

Il est indispensable de donner quelques précisions sur les emplacements des caractères et des colonnes. Elle ont été attribuées de la façon suivante :

Colonne 1 : indique l'hôpital considéré (1 pour l'Hôpital Saint ANDRE).

Colonne 2 : désigne le code carte :
1 pour la carte blanche *"Divers"*
2 pour la carte rose *"Sang"*
3 pour la carte verte *"Urine et CLearance"*
4 pour la carte jaune *"Urine"*
5 pour la carte saumon *"Sang"*

La carte renouvellement ne comporte aucune de ces deux indications.

Colonnes 3 à 5 : on y place le numéro de séquence de l'analyse, c'est à dire l'ordre dans lequel l'analyse a été effectivement réalisée°. Trois colonnes lui étant réservées, on peut atteindre 999, ce qui laisse une grande sécurité quant au nombre d'analyses pouvant être effectuées pour une même catégorie.

Colonnes 6 à 11 : Le numéro d'hospitalisation du malade. C'est un numéro à six chiffres, le premier désignant l'année (3 pour 1973 par exemple), les cinq chiffres suivants représentent ceux du registre des entrées. Ils offrent 99 999 possibilités ce qui représente un nombre assez grand pour une année (en 1972 on a compté 15 059 entrées). Ce numéro est nécessaire mais suffisant pour conférer à lui seul une identité au malade. Toutefois on a jugé nécessaire de joindre d'autres renseignements car ils permettent à l'utilisateur de se repérer plus facilement et de conserver un caractère plus humain, même dans le cadre de l'informatique.

Cette nomenclature n'est que provisoire, une numérotation normalisée devant être prochainement instituée. Il apparaîtrait en effet préférable d'utiliser une numérotation type numéro INSEE, propre à chaque français et surtout invariable. Ceci éviterait à un même malade d'avoir un numéro d'entrée différent lorsqu'il est réhospitalisé et surtout le changement de tous les numéros d'hospitalisation des malades dans la nuit du 31 décembre au 1er janvier, comme nous l'avons déjà signalé plus haut.

Colonnes 12 à 29 : Cette zone de 18 emplacements est suffisante pour assurer en caractères alphabétiques l'inscription intégrale du nom dans la majorité des cas et d'une partie largement significative, du ou des prénoms (nécessaire lors de l'hospitalisation de malades d'une même famille dans un même service).

° *En conséquence, les standards devront être considérés comme des analyses et comporter également des critères d'identification comme nous le verrons ultérieurement.*

Colonnes 30 et 31 : correspondent aux deux chiffres de l'âge.

Colonne 32 : indique le sexe, 1 pour les hommes, 2 pour les femmes.

Colonnes 33 et 34 : Portent le numéro de la salle. Celle-ci définit le nom du chef de service auquel doit être adressé les feuilles de résultats.

Colonnes 35 et 36 : Le numéro du lit. On attache moins d'importance à cette indication qui fait souvent l'objet de nombreux changements durant le séjour du malade.

Colonnes 37 à 40 : sont réservées à la date. Elles permettent l'inscription du mois et du jour.

Colonnes 41 à 44 : indiquent l'heure. Cette donnée est intéressante si plusieurs prélèvements sont effectués dans la même journée. Cependant il est nécessaire d'y faire grande attention. En effet, le laboratoire éprouve de grandes difficultés pour obtenir l'heure exacte auprès des services. Il est même possible que la même heure soit donnée pour différents prélèvements effectués le même jour sur un même malade, ce qui entraîne par la suite une annulation de certaines valeurs lors du traitement. L'heure est donc indiquée par le laboratoire selon certains critères.

Colonnes 45 à 47 : sont prévues aux éléments d'un diagnostic supposé ou réel. Cette information n'est pas pour l'instant utilisée.

Colonne 48 : n'est pas utilisée momentanément.

Colonnes 49 à 51 : elles sont réservées au code du médecin dans le cadre des consultations externes. Leur nombre peut être très important, si on envisage les médecins extérieurs au Centre Hospitalier Régional, cependant, ces trois colonnes offrent de nombreuses possibilités de codes numériques ou alphabétiques.

Colonnes 52 à 71 : permettent de perforer l'analyse demandée. Cette perforation est effectuée seulement en 9.

Colonne 72 : n'est pas utilisée.

Colonnes 72 à 76 : elles sont réservées aux quatre chiffres du résultat dans le cas des analyses manuelles qui ne sont pas prises en charge par l'unité I.B.M. 1081 (la position de la virgule et les unités sont définies par le code analyse).

Colonnes 77 à 80 : permettent d'indiquer le volume (exprimé en millilitres) lorsque celui-ci est nécessaire.

2°) - Inscriptions manuscrites à porter sur les cartes.

Au niveau de la partie centrale de chaque carte, plusieurs emplacements ont été réservés en vue de l'inscription manuelle de certaines indications. Celles-ci sont effectuées le plus souvent par le laboratoire.

a) - Le numéro de séquence :

Ce numéro reflète très exactement l'ordre selon lequel l'analyse a été effectivement exécutée. S'il n'a pas une importance considérable dans le cas des analyses manuelles, où il ne sert qu'à ordonner le listing, il n'en est pas de même dans celui des analyses automatiques où seul l'ordre de sortie des résultats coïncidant avec l'ordre d'introduction des échantillons permet leur identification, l'appareil ne possédant pas de système d'identification positive.

b) - La date de la demande d'examen ainsi que l'heure :

La date est indispensable dans l'édition du récapitulatif hebdomadaire.

c) - Le volume :

Cette indication est nécessaire pour le calcul de l'élimination d'un composé donné au cours des 24 heures.

3°) Schéma particulier de chacune des cartes.

Les analyses régulièrement effectuées dans le service ont été groupées sur une même carte en fonction de leur nature et de leur mode de réalisation, automatique ou manuel, ceci en cinq cartes différentes à raison d'un maximum de vingt analyses par carte.

Celles-ci sont réunies en deux colonnes sur la partie gauche de la carte et sont affectées d'un numéro d'ordre qui correspond en fait à la colonne de perforation, s'étalant des colonnes 52 à 71.

Ces numéros étant répétés de façon identique sur les différentes sortes de cartes, il a été nécessaire d'ajouter un deuxième critère d'identification celui de la carte ; ceci explique la présence d'un code carte en colonne 2.

C'est l'association de ce code carte et d'une perforation en 9 dans la zone définie pour les analyses qui permettra à l'ordinateur d'identifier l'examen demandé.

Ces cartes ont été choisies de différentes couleurs en vue d'une utilisation plus facile.

a) - Carte rose "SANG" :

Nous l'avons reproduite sur la figure suivante :

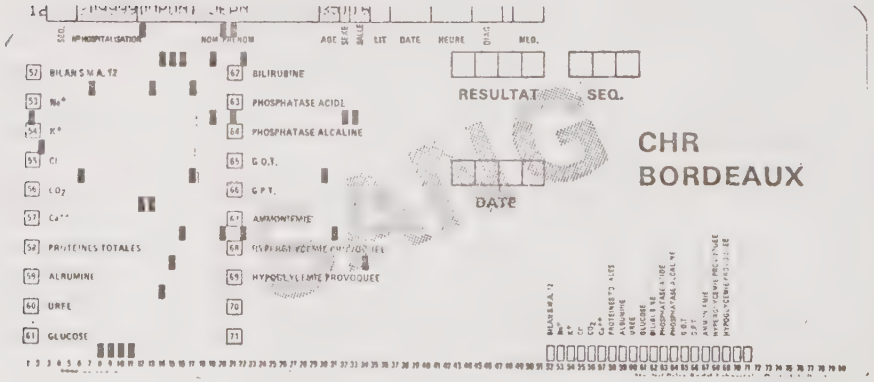


Figure n° 9 : Reproduction de la carte SANG (réduction aux 2/3).

52 Bilan S.M.A. 12
53 Na^+
54 K^+
55 Cl^-
56 CO_2
57 Ca^{++}
58 Protéines totales
59 Albumine
60 Urée
61 Glucose
62 Bilirubine
63 Phosphatase acide
64 Phosphatase alcaline
65 G.O.T.
66 G.P.T.
67 Ammoniemie
68 Hyperglycemie provoquée
69 Hypoglycémie provoquée
70 Néant
71 Néant

Elle comporte le bilan S.M.A. 12/30 et le détail des analyses qu'il contient pour permettre de demander celles-ci isolément. Nous pouvons remarquer que nous avons modifié l'ordre par rapport à la réponse de l'appareil S.M.A., ceci afin de réunir les demandes de même nature : électrolytes, protéines etc. De plus nous y avons inclu des analyses qui ne figurent pas dans le bilan mais dont l'intérêt réside essentiellement dans le fait qu'elles sont groupées par exemple : les phosphatases acides et alcalines, les transaminases G.O. et G.P.. Nous y avons également ajouté l'ammoniémie en 67, les épreuves d'hyperglycémie ou hypoglycémie provoquées en 68 et 69, enfin la bilirubine directe en 70 bien que n'étant pas mentionnée.

b) - Carte "SANG" de couleur saumon :

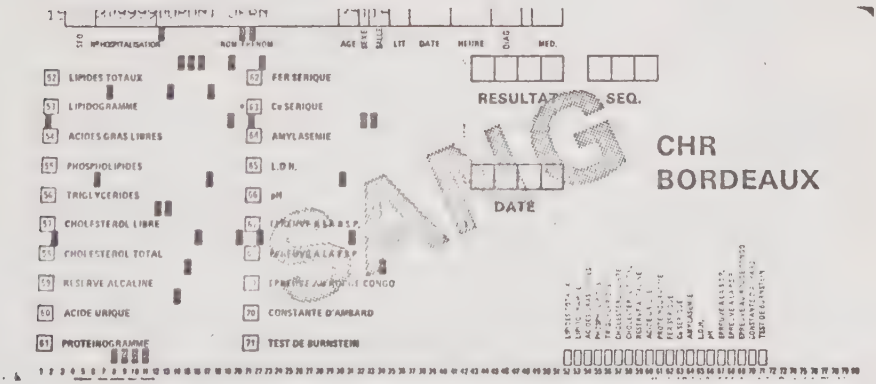


Figure n° 10 : Reproduction de la carte "SANG" de couleur saumon (réduite aux 2/3).

52	Lipides totaux	62	Fer sérique
53	Lipidogramme	63	Cu sérique
54	Acides gras libres	64	Amylasémie
55	Phospholipides	65	L.D.H.
56	Triglycérides	66	pH
57	Cholestérol libre	67	Epreuve à la B.S.P.
58	Cholestérol total	68	Epreuve à la P.S.P.
59	Réserve alcaline	69	Epreuve au rouge congo
60	Acide urique	70	Constante d'Ambard
61	Proteinogramme	71	Test de Burnstein

Cette carte regroupe les analyses entrant dans le bilan lipidique puis des examens diversifiés comme l'acide urique, la créatinine, le fer sérique et enfin des épreuves d'exploration fonctionnelle telles que B.S.P. et P.S.P.

Les analyses correspondent pour la plupart à des techniques manuelles. Ainsi la réserve alcaline peut être donnée par le S.M.A. (carte 12) mais peut aussi être dosée manuellement.

c) - Carte "URINE" :

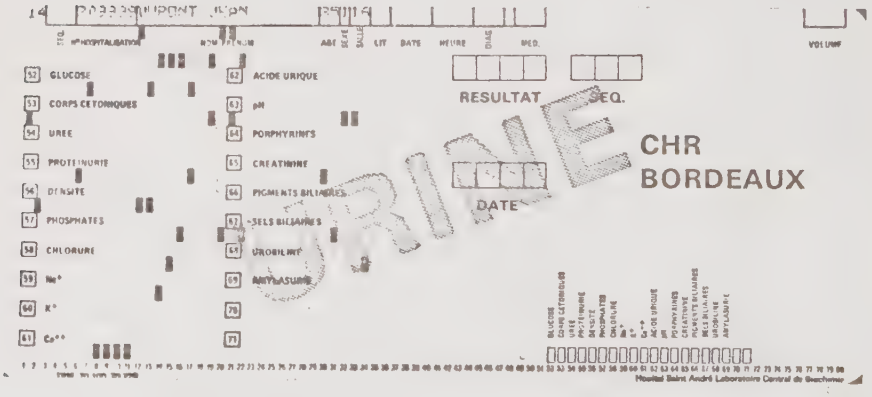


Figure n° 11 : Reproduction de la carte "URINE" réduite aux 2/3).

52	Glucose	62	Acide urique
53	Corps cétoniques	63	pH
54	Urée	64	Porphyrines
55	Protéinurie	65	Créatinine
56	Densité	66	Pigments biliaires
57	Phosphates	67	Sels biliaires
58	Chlorure	68	Urobiline
59	Na^{+}	69	Amylasurie
60	K^{+}	70	
61	Ca^{++}	71	

Elle réunit les examens entrant dans ce que l'on a coutume d'appeler la "chimie des urines". On y retrouve la case permettant d'indiquer le volume.

S'il s'agit pour la plupart d'analyses quantitatives certaines peuvent être qualitatives comme les pigments biliaires et les porphyrines. Elles comportent alors seulement des réponses positives ou nulles.

Sur cette carte seules les analyses du glucose et de l'urée urinaire sont automatisées, donc justifiables d'un numéro de séquence ; cependant, en raison de la rigidité du programme C.L.S. il est indispensable d'attribuer un numéro de séquence à une analyse même si le résultat figure sur la carte sous forme de perforation. (Ce numéro a malgré tout l'avantage de permettre un contrôle rapide lors de l'édition du document de paillasse).

d) - Carte "URINE ET CLEARANCE" :

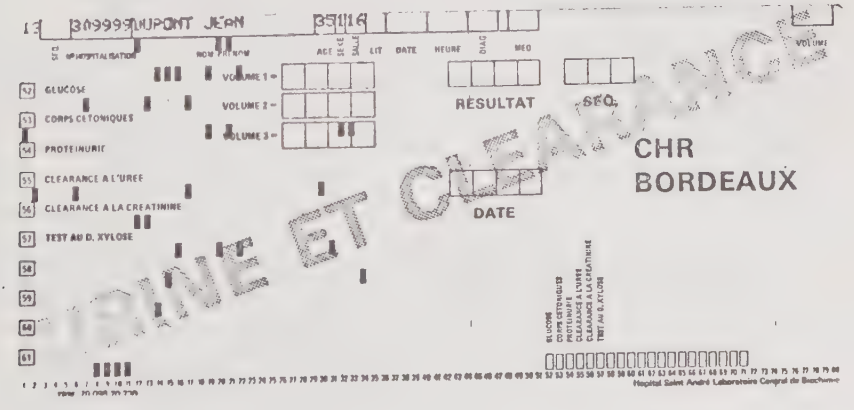


Figure n° 12 : Reproduction de la carte "URINE ET CLEARANCE" (réduite aux 2/3).

52 Glucose
53 Corps cétoniques
54 Protéinurie
55 Clearance à l'urée
56 Clearance à la créatinine
57 Test au D. XYLOSE
58 Néant
59 Néant
60 Néant
61 Néant

Cette carte est destinée plus spécialement aux glycosuries de l'épreuve des trois bocaux. Elle ne fait donc pas double emploi avec la précédente. Bien que possédant 3 emplacements pour le volume de chaque échantillon on est obligé de créer 3 cartes comportant chacune un volume, l'ordre définissant les trois émissions d'urine est celui se trouvant à l'intérieur de la séquence, c'est-à-dire que le numéro le plus faible de la triade correspond au prélèvement de 8 à 12 heures, le chiffre incrémenté de 1 à celui de 12 à 18 heures et incrémenté de 2 à celui de 18 à 8 heures.

e) - Carte "DIVERS" :

Nous avons reproduit cette carte sur la figure n° 6. Nous rappellerons seulement le détail des analyses qu'elle contient.

52 Glucose LCR
53 Protéines LCR
54 Electrophorèse LCR
55 Cl^- LCR
56 Na^+ LCR
57 pH LCR
58 Néant
59 Néant
60 Néant
61 Néant
62 Liquide gastrique
63 Tubage histamine
64 Bile
65 Sang des selles
66 Chimie des selles
67 Graisses des selles
68 Néant
69 Néant
70 Néant
71 Néant

Elle regroupe donc les examens effectués sur le liquide céphalo-rachidien, les tubages gastriques et les selles

f) - Carte "RENOUVELLEMENT" :

Nous avons reproduit cette carte sur la figure suivante, elle est de couleur bleue.

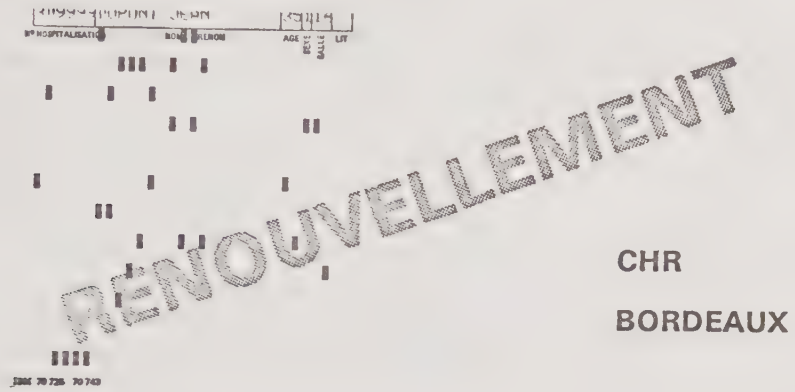


Figure n° 13 : Reproduction de la carte "RENOUVELLEMENT" (réduite aux 2/3).

Afin d'éviter que cette carte soit utilisée pour une demande d'analyses, elle ne possède pas de code carte. Elle a uniquement pour but de servir de matrice de copie pour l'élaboration d'un nouveau jeu de cartes, dans le cas où le premier lot est épuisé. D'autre part cette carte doit être retournée au secrétariat informatique dans les cas suivants :

α) - lorsque le malade change de service sans pour autant quitter l'hôpital :

Dans ce cas un nouveau jeu est crée sur lequel seul le numéro de la salle est modifié parmi les critères d'identification. Un lot d'étiquettes correspondant est également édité. Il est nécessaire à ce moment là de veiller à ce que les anciennes cartes soient détruites afin que les résultats soient normalement adressés au nom du professeur titulaire du service dans lequel le malade a été transféré.

β) - Lorsque le malade a quitté l'hôpital :

La date et l'heure de départ sont notés sur cette carte qui va permettre d'établir la facturation.

DISCUSSION :

Au niveau du service, l'avantage des cartes perforées sur le bon vert est indéniable. Il nous a semblé intéressant de faire une approche du gain de temps que cela représente. L'établissement des bons verts, des étiquettes et le prélèvement lui-même par la méthode classique nécessitent en moyenne une dizaine de minutes.

La conjoncture cartes perforées, étiquettes, tubes vacutainers est beaucoup plus rapide Tout peut se réaliser au bord du lit du malade. L'infirmière prend les étiquettes et les cartes perforées, vérifie les identités, coche l'analyse sur la carte, reporte sur l'étiquette l'analyse demandée et réalise le prélèvement sans transvasement. On peut estimer à cinq minutes la durée de ces opérations et elles se déroulent avec un maximum de confort pour le malade et l'infirmière.

Si l'on admet que mille à deux mille échantillons sont prélevés par jour pour 400 malades le gain de temps pour l'hôpital atteint une cinquantaine d'heures par jour, uniquement pour la biochimie.

De ce point de vue l'opération est largement rentable (nous avons pourtant passé sous silence le temps perdu lors de la stérilisation du matériel, de la casse des échantillons, des prélèvements insuffisants en volume, du nettoyage des tubes) et le système des cartes perforées est une bonne base de départ pour l'informatisation d'un laboratoire, il demeure cependant limité.

En effet, la biochimie nécessite déjà cinq sortes de cartes, d'autre part l'informatique laisse peu de place aux modifications inévitables résultant d'un changement de matériel ou de méthode sans parler de celles des demandes médicales qui se modernisent et deviennent aussi plus délicates. Il est toujours possible de créer de nouvelles cartes avec vingt analyses supplémentaires à chaque fois, mais alors l'avantage considérable de travailler avec un éventail limité est perdu. Le temps nécessaire pour retrouver l'analyse voulue parmi plusieurs cartes deviendrait plus grand que celui qui consisterait à l'inscrire sur l'une d'elle.

Ce qui est vrai pour la biochimie l'est à fortiori pour la biologie. On peut donc estimer qu'après un certain

temps, celui nécessaire à l'établissement de l'informatique dans le service, il faudrait supprimer ce support et utiliser un bordereau commun à la biochimie et la biologie, et facilement modifiable. Nous développerons ce point de vue dans le dernier chapitre sur les perspectives d'avenir.

Au niveau du laboratoire la mise ne place des cartes perforées s'avère aussi d'une très grande rentabilité. Celle-ci découle d'un fait paradoxal. Le personnel, en effet, ne considère pas les demandes sur cartes perforées comme un outil informatique mais plutôt comme un moyen pratique de créer un cahier d'analyses.

Remarquons toutefois que selon le programme C.L.S. il est nécessaire de créer autant de cartes que d'analyses demandées. C'est évidemment une très lourde obligation que nous avons essayé de limiter au maximum.

III - INFORMATISATION DES ANALYSES

S'il est un point que la plupart des informaticiens traitent avec légèreté, c'est bien celui de la qualité des analyses automatiques. En effet on a souvent tendance à croire que les analyses automatiques ou plus exactement automatisées sont d'une grande simplicité à mettre sur ordinateur. Les différentes réalisations que nous connaissons et notre expérience personnelle nous montrent que cela n'est presque jamais le cas. Il faut arriver à admettre les réalités suivantes :

- une analyse dont l'enregistrement est de mauvaise qualité ne pourra jamais être améliorée même avec un "software" très élaboré. L'ordinateur est seulement capable de signaler que le résultat n'est pas recevable.

- Une analyse dont l'enregistrement est parfait peut très bien conduire à des résultats erronés.

L'analyse minutieuse des phénomènes pouvant conduire à cet état de fait, décelé simplement à l'aide du contrôle de qualité, montre que la plupart du temps la technique analytique est en cause ou quelquefois les interfaces entre les appareils d'analyses et les calculateurs.

Si nous effectuons des mesures selon la méthode classique, c'est-à-dire en comparant la hauteur des pics avec la courbe d'étalonnage, il n'existe pas de grandes difficultés et les résultats sont souvent d'excellente qualité. Cependant lorsqu'on traite les signaux obtenus par le calculateur, on observe cette fois de très grandes divergences, celles-ci sont d'autant plus importantes que les valeurs sont faibles ou élevées, tandis que les valeurs moyennes donnent des résultats corrects.

Afin d'expliquer ce phénomène nous anticiperons un peu sur le chapitre du C.L.S. car il nous est indispensable pour cela d'analyser l'organigramme du calcul. Ce dernier se compose de deux parties :

- la contamination,
- la courbe d'étalonnage et le calcul de la concentration.

A - LA CONTAMINATION

Dans une analyse exécutée sur un appareillage autoanalyseur TECHNICON de première génération, on dit qu'il y a contamination lorsqu'un pic de forte concentration élève artificiellement un pic faible qui le suit immédiatement ; dans ce cas on admet généralement que le colorant qui s'est développé au cours de la réaction circule moins vite sur les parois du tube que dans la partie centrale et finit par être rattrapé par celui du dosage suivant entraînant la contamination. Pour la calculer on place à la suite deux échantillons de valeur basse puis un échantillon plus élevé et enfin un échantillon de même concentration que les deux premiers, selon la figure suivante.

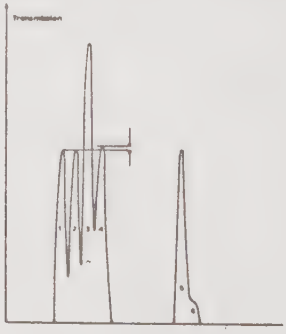


Figure n° 14 : Etude de la contamination.

La contamination sera représentée par la différence entre les pics 4 et 3. On admet que cette contamination est proportionnelle à la hauteur du pic le plus élevé ; une simple règle de trois permet de calculer la valeur réelle d'un pic.

Cependant si la contamination est supérieure à 10 % le pic le plus faible n'existe pour ainsi dire pas et l'on obtient une ligne continue enveloppant les 2 pics, (5 et 6). Si le sommet du pic 5 est encore lisible, celui en 6 devient à peine interprétable par le biologiste et le calculateur ne pourra le faire que si le programme permet de déceler le point d'inflexion. Il est souvent beaucoup plus simple alors de refaire l'analyse.

Le phénomène inverse, c'est-à-dire la contamination d'un pic faible sur un pic élevé existe aussi. Dans ce cas ce n'est plus le colorant qui jouerait un rôle, mais le solvant qui diluerait le pic le plus élevé (effet solvant). Certains auteurs ont assimilé cette contamination à la précédente et ont admis le même calcul. En réalité elle est beaucoup plus faible que dans le cas précédent et a été négligée dans le programme que nous avons utilisé.

Cependant le problème demeure entier. Si l'on utilise en effet une réaction de décoloration (c'est le cas du dosage de la glycémie par la méthode au ferricyanure) une faible concentration conduit à une faible coloration et inversement. Cette fois un pic faible contamine un pic élevé et provoque sa diminution. Dans le cas inverse un pic élevé ne contaminera pas un pic faible par la dilution du colorant, mais par l'intermédiaire du glucose qui se trouve encore dans ce solvant et qui n'a pas réagi. Le calcul par l'ordinateur de cette contamination ne pourra être réalisé que grâce à un "software" très complexe.

D'une manière générale la contamination est d'autant plus importante que les circuits analytiques sont plus longs et que les fluides circulent plus vîte. Par ailleurs les dilutions entraînant obligatoirement des gros débits sont à proscrire.

En fait, il n'y a pas de solution idéale mais seulement des compromis. D'une manière générale, il est préférable de supprimer les réactions de décoloration.

Nous avons ainsi remplacé dans le cas du dosage de la glycémie l'ancienne méthodologie au ferricyanure par une adaptation de la technique à la néocuproïne utilisée sur le S.M.A. 12/30. C'est une méthode directe où l'on ne procède à aucune dilution grâce à l'utilisation d'un minidialyseur. La très courte dialyse suffit à diminuer la quantité de glucose qui réagit sur la néocuproïne. Nous avons reproduit sur la figure suivante le schéma de ce manifold.

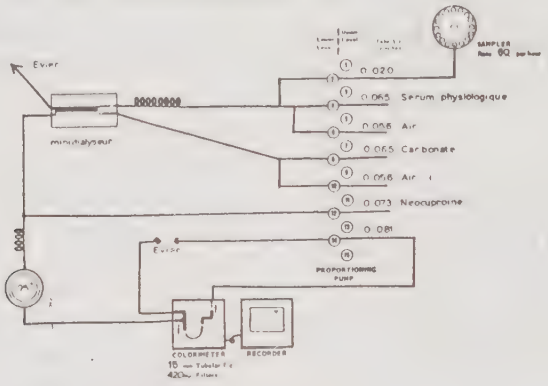


Figure n° 15 : Schéma du manifold pour le dosage de la glycémie.

Nous avons poursuivi nos investigations pour les dosages de glucose et d'urée urinaire. Les méthodologies reposent sur des solutions analogues, c'est-à-dire sur le remplacement des dialyseurs classiques par des minidialyseurs et une réaction colorée à la néocuproïne.

Une autre phénomène peut se produire en utilisant certaines méthodologies, il s'agit de la perte d'un certain nombre de pics. Nous nous sommes très rapidement rendus compte que le nombre de pics relevé par le calculateur était différent de celui estimé sur l'enregistreur dans le cas de longues séries. Remarquons que le nombre de pics effectivement sortis sur l'enregistreur correspondait à celui des échantillons passés. Ce phénomène est d'autant plus grave qu'il est impossible de connaître l'identité du pic disparu.

On peut aussi obtenir des séries de valeurs anormales encadrées par des valeurs normales. Ces anomalies ont une origine autre que chimique, elles sont en relation avec le calculateur.

Ainsi lorsqu'on utilise une station d'acquisition de données 1080 I.B.M., cette dernière ne scrute pas tout le temps la courbe du dosage. L'horloge interne du calculateur initialisée sur le premier pic déclanche l'ouverture d'une fenêtre de lecture dix secondes avant la minute qui suit et la ferme dix secondes après cette même minute, il en sera de même toutes les minutes. Durant ces vingt secondes, l'appareil scrute la courbe ; en fait, il charge un condensateur avec la tension prise aux bornes du potentiomètre de retransmission. Ainsi l'apparition d'un pic dans la fenêtre de lecture se traduit par la présence d'une tension maximale dans le condensateur, puis la conversion de cette valeur maximale en digits.

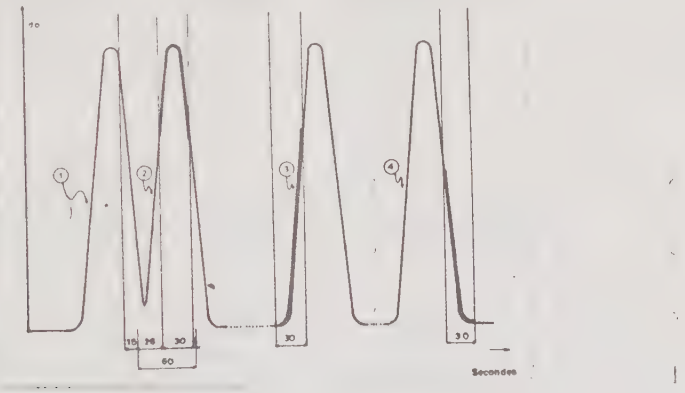


Figure n° 16 : Schéma du sondage d'un pic en fonction du temps.

Remarquons que le sommet du pic peut très bien ne pas se trouver au milieu de la fenêtre. On peut admettre que pour différentes raisons d'ordre chimique le sommet du pic est soit retardé soit avancé selon la concentration. Certaines réactions "traînent" davantage et de ce fait on n'obtient plus une courbe de Gauss idéale.

Si plusieurs pics sortent de la même manière, il peut y avoir effectivement un décalage par rapport aux pics précédents, l'intervalle entre deux pics n'est plus de 60 secondes, même si la cadence de prélèvement demeure de 60 à l'heure, on a donc 60 $\pm$ ε.

Dans le cas général, la succession de pics élevés et de pics faibles se traduit par une annulation des ε

et tous les pics se trouvent dans la fenêtre. Mais si tous les s sont de même signe, leur sommation peut alors dépasser les 10 secondes. Dans ces conditions le pic se formera en dehors de la fenêtre (n° 3). La valeur maximale sera celle correspondant à sa fermeture (n° 4).

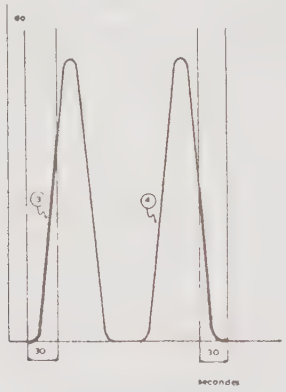


Figure n° 17 : Schéma de la saisie anormale d'un pic.

Selon les cas on risque donc d'avoir une valeur en plus ou en moins, mais de toutes façons celles-ci sont fausses car la lecture faite ne correspond pas au sommet du pic.

Une solution peut résider dans une conception différente du "timing" de la fenêtre. Au lieu d'avoir une origin au début de l'analyse entraînant une accumulation des erreurs il suffit de réinitialiser la fenêtre par rapport au pic précédent.

Une autre méthode peut utiliser la recherche effective de la tangente (évolution du signe de la différence entre deux mesures, ou mieux une combinaison des deux). C'est donc une modification d'appareil et du software correspondant qu'il devient nécessaire d'envisager.

Si cette solution est impossible pour différentes raisons, il faut obligatoirement changer la technique analytique afin de la rendre compatible avec l'appareil.

Enfin la solution extrême réside dans le remplacement des appareils de première génération par des appareils

de seconde ou troisième génération.

Un autre phénomène conduisant aux mêmes erreurs peut résulter de la non synchronisation du préleveur d'échantillons. Les premiers appareils (sampler) sont munis de moteurs synchrones, donc théoriquement leur rotation ne doit pas subir de variation. Cependant, une modification de la résistance mécanique (l'appareil démarrant à froid et s'échauffant au fur et à mesure) peut faire varier la cadence du prélèvement et de ce fait l'espace de 60 secondes entre deux échantillons ne se trouve pas respecté. Dans ces conditions, on assiste encore au décalage des pics par rapport à la fenêtre.

On peut y remédier soit en adaptant la cadence du prélèvement à l'horloge du calculateur, soit en changeant le matériel (il est possible d'utiliser par exemple un Sampler IV qui va se trouver sous la dépendance d'un programmeur).

Un dernier point concerne le S.M.A. 12/30. Sur ce type d'appareil, un seul potentiomètre de retransmission assure le transfert vers l'unité de transformation, la base de temps est cette fois de 10 secondes, cela signifie qu'il faudra explorer pendant 10 secondes un plateau. L'ordre d'exploration et par voie de conséquence celui de la mesure est conditionné par la "came analysis" qui elle-même interroge le photomètre selon un système séquentiel.

Sur cette "came analysis" est fixé un rupteur. A chaque changement d'analyse une tension délivrée par le 1080 est interrompue et provoque l'enregistrement de la mesure qui vient d'être faite (tension se trouvant sur le condensateur) ainsi que le changement d'initialisation de la mémoire.

Il peut se produire que plusieurs valeurs soient prises sur un même plateau avec changement de parité de la mémoire. On obtient ainsi au lieu d'une série de douze nombres correspondant à un diagramme, treize valeurs ou plus et cela d'une manière aléatoire. Ces valeurs n'étant identifiées que par leur ordre dans la série il en résulte un décalage qui déborde sur la séquence suivante. Nous donnons ci-après un exemple de ce type d'erreur.

Soit par exemple :

Na^+	K^+	Cl^-	CO_2	Prot. Tot.	Alb.
1.A.	2.B.	1.C.	2.D.	1.E.	2.F.

Ca	Phosp.	Alc.	Bil.	Urée	Gluc.	Trans.	G.O.
1.G.	2.H.		1.I.	2.J.	1.K.	2.L.	

dans lequel 1 et 2 désignent les canaux analytiques attribués au S.M.A..
A,B,C... les valeurs en digits des concentrations de chaque élément.

Dans le cas d'une valeur redoublée sur le potassium, on obtiendra :

Na^+	K^+	Cl^-	CO_2	Prot. Tot.	Alb. ...
1.A.	2.B.	1.B.	2.C.	1.D.	2.E.

la valeur C se trouve maintenant attribuée à la réserve alcaline, toutes les valeurs sont ensuite décalées avec toutes les conséquences que cela représente.

Ce phénomène est dû au fait que le rupteur de la "came analysis" alimentée sous une tension trop élevée provoque une étincelle de rupture de valeur suffisante pour déclancher la mesure.

B - LA COURBE D'ETALONNAGE ET LE CALCUL DE LA CONCENTRATION

Le principe du calcul est le suivant. Nous sommes en présence de deux séries de chiffres, la première représente les valeurs en digits x des pics obtenus après correction de la contamination, pics correspondants à la concentration étalon y.

Le calculateur établit une relation mathématique entre x et y :

$$y = f(x)$$

A une valeur quelconque de x correspondra une valeur y et une seule. Il s'en suit que la fonction F doit être déterminée avec précision à partir de la forme de la courbe expérimentale. Sur la figure suivante nous avons reproduit une courbe de titration.

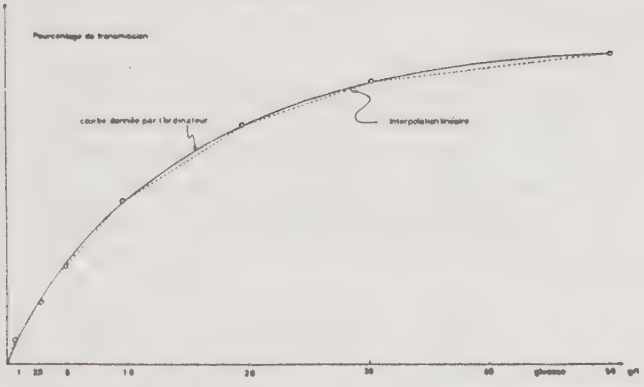


Figure n° 18 : Courbe d'étalonnage.

On peut déduire que l'équation du phénomène observé a une allure polynomiale du genre $ax_2 + bx + c$, dans certains cas et à cause de la loi de BEER LAMBERT il est préférable d'utiliser les logarithmes des valeurs de x et d'écrire :

$$y = a (\text{Log } x)_2 + b \text{ Log } x + c$$

les coefficients a, b, c, sont calculés au moyen de la méthode dite des moindres carrés, ceci signifie que la courbe passe entre les points de façon à ce que l'ordonnée de chacun des points expérimentaux ne diffère de ceux de la courbe que par une valeur qui doit être la plus faible possible.

Dans la méthode classique, tous les points expérimentaux ont le même poids, c'est-à-dire qu'ils ont la même importance.

Cette méthode diffère cependant de celle dite d'interpolation linéaire qui consiste à interpréter un point inconnu par le fait qu'il se trouve entre deux points connus reliés par une droite.

La courbe obtenue par la méthode des moindres carrés ne passe pas obligatoirement par les points expérimentaux. De ce fait, il suffit que l'un des points soit aberrant pour que toute la courbe soit modifiée.

On remarque que les concentrations les plus faibles induisent les erreurs les plus fortes. Il s'agit d'erreurs expérimentales résultant à la fois de la dilution nécessaire pour obtenir la concentration dérivée et de la contamination

La probabilité pour obtenir un point anormal est donc élevée.

Par ailleurs, au niveau des fortes concentrations les erreurs sont dues au fait que la cellule photoélectrique reçoit très peu de lumière et possède donc une réponse faible. Ces erreurs peuvent être très importantes, pour les minimiser il faudrait multiplier les mesures, mais on est limité par la vitesse de l'appareillage.

Pour mettre en évidence ces écarts, il suffirait de contrôler les valeurs digitalisées en les comparant aux valeurs journalières habituelles. Cependant elles sont difficilement récupérables sur les cartes résultats où elles se trouvent mêlées à toutes les autres et l'on ne peut vérifier la courbe que lorsque tous les calculs ont été effectués par l'ordinateur.

IV - L'IDENTIFICATEUR D'ECHANTILLONS

Le problème de l'identificateur d'échantillons est celui-ci : lorsqu'on se trouve devant un échantillon de sang, le seul critère qui demeure est évidemment celui de l'étiquette apposée sur le tube. Si dans certains cas il est possible de s'assurer de la correspondance entre l'identité du malade, celle de l'étiquette apposée sur le tube et celle du sang transvasé dans ce tube, plusieurs auteurs se sont toutefois inquiétés des risques d'erreur au niveau du lit du malade.

Il n'existe à notre connaissance aucune méthode permettant d'identifier un malade à partir de la composition du sang prélevé. Certains utilisent la technique du badge, c'est-à-dire des critères d'identification attachés au poignet du malade à son entrée à l'hôpital. Il suffit de les transférer sur une étiquette, mais encore faut-il coller l'étiquette sur le tube approprié.

Le risque d'erreur est faible, de l'ordre de 0,2 à 0,3 pour 1000, mais il est curieux de constater que dans chacun des cas ainsi détecté il s'agissait toujours d'un malade dans un état grave et pour lequel les examens étaient très urgents.

Cependant un contrôle peut être effectué si le malade a déjà subi une analyse et en particulier une analyse multiple. Ce contrôle repose sur une constatation : il est très rare (1) qu'un malade possède plus de deux ou trois paramètres anormaux sur les douze que peuvent analyser les S.M.A.. Le profil biologique (2) ou sérobiogramme peut donc être représentatif d'un malade et il est possible de reconnaître, avec une forte probabilité, suivant l'aspect du sérobiogramme si le sérum analysé appartient ou non à un malade donné. De toutes façons, s'il subsiste le moindre doute, il est préférable de refaire le prélèvement.

Un autre aspect du problème est celui de la perte d'identité au laboratoire. Généralement un échantillon de sang va servir à plusieurs investigations sur des paillasses différentes. La procédure utilisée en pareil cas, nécessite le transvasement d'un échantillon dans des tubes différents. Il est possible d'apposer sur chacun des tubes des étiquettes sur lesquelles on a inscrit les critères d'identification. Ceci entraine une perte de temps considérable, aussi certains utilisent-ils dès l'entrée au laboratoire un numéro de travail qui est réinitialisé chaque matin. Ces numéros sont par liasses et au moyen d'un transféreur on peut diviser, sans risque d'erreur, un échantillon de sang en 4 ou 5.

Mais cette opération n'est pas sans inconvénients, car l'identité du malade a disparu et il devient alors très difficile de retrouver un échantillon s'il faut par exemple refaire le dosage. De plus il faut s'assurer que le lendemain, il ne subsiste aucun échantillon de la veille, faute de quoi, il peut y avoir deux tubes portant le même numéro. Cet ennui peut être évité si l'on utilise un numéro initialisé au 1er janvier mais on risque dans ce cas d'atteindre des nombres dépassant quatre chiffres.

Au laboratoire de l'hôpital Saint-ANDRE nous avons choisi de garder l'identification en clair jusqu'au moment de l'analyse. Ainsi il n'y a aucune difficulté pour procéder à tous les changements possibles dans les différentes séquences.

Il existe une possibilité permettant d'éviter la contrainte de l'ordre séquentiel. Il s'agit par exemple du système envisagé par TECHNICON ou encore celui proposé par SIEMENS. Le principe en est le suivant :

Il est affecté à chacun des tubes un badge codifié à l'aide d'un petit talon à perforation, talon que nous avons fait figurer sur la figure suivante :

Figure n° 19 : Talon d'identification.

Ce talon est fixé sur le tube par un petit bracelet en caoutchouc et suit ce dernier tout au long des différentes opérations d'analyses, divisions, centrifugations etc.... Au moment de la mesure, il suffit de placer le tube dans un emplacement libre de la couronne et la languette dans un logement approprié. La languette est lue au moment du prélèvement et le numéro est imprimé sur l'enregistrement.

Si séduisantes qu'apparaissent ces solutions, elles ont presque toutes été conduites à l'échec. Echec dû à une lecture mécanique dépendant essentiellement de la bonne présentation de la carte dans le support et surtout au fait que la lecture étant réalisée au moment du prélèvement, c'est-à-dire, entre 8 et 12 minutes avant la sortie des résultats, on est amené à rechercher ultérieurement la correspondance entre les résultats et les numéros d'identification. Si le tube est effectivement bien identifié, il faut auparavant rendre cohérente l'identité alphabétique du patient, placée sur le tube ou sur la demande, avec le numéro codé. En réalité on a déplacé le problème au lieu de lui apporter une solution.

De toute manière, il est nettement préférable de pratiquer une identification par séquence, il suffit de placer les tubes dans l'ordre où ils se présentent sur le portoir et le bordereau. Lors du remplissage des godets, une petite difficulté concerne la perte de l'identification sur le plateau au profit du numéro de séquence. Mais cette méthode que nous utilisons depuis six ans s'est révélée d'une grande fiabilité et sa grande simplicité évite toute tension de l'opérateur. Rappelons que dans ce cas une seule opératrice fait fonctionner le S.M.A. 12/30.

Un stade ultérieur qui entre dans nos projets d'expérimentation envisage l'utilisation d'un "Sample Idee", TECHNICON. Le principe de cet appareil découle de l'identificateur T. 40 déjà décrit page précédente. Mais à la place d'une étiquette perforée on utilise une étiquette autocollante que nous avons présentée sur la figure suivante :

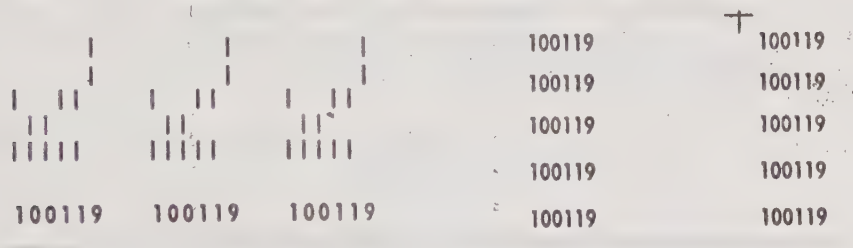


Figure n° 20 : Etiquette autocollante du "Sample Idee".

Sur cette étiquette autocollante se trouve un certain nombre de traits noirs qui représentent en code le numéro. Dans les conditions d'utilisation on détache un numéro que l'on fixe sur la demande, un même numéro est apposé éventuellement sur le bordereau de travail, un autre sur le tube et enfin l'étiquette codée est fixée sur le porte-tube.

Il suffit de placer l'échantillon dans le porte-tube en vérifiant l'identité du numéro du tube et celle de l'étiquette. L'appareil lit, au moment du prélèvement, l'étiquette codée grâce à un dispositif optique et le garde en

Il faut évidemment un plateau acceptant des tubes vacutainers munis d'un filtre type Seraclear.

mémoire jusqu'à la sortie des résultats Il imprime ensuite ce numéro sur le papier enregistreur, tandis que le même numéro est reproduit sur la carte résultat a côté du premier résultat qui sort, par exemple, du sodium.

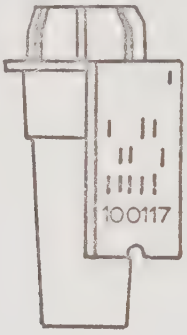


Figure n° 21 : Porte-tube pour "Sample Idee".

On remarque que cette façon de procéder présente de nombreux avantages qui sont les suivants :

- Il n'y a jamais perte de l'identification en clair du patient.
- Il y a toujours à côté du numéro le nom du patient (demande, bordereau, tube).
- Il est toujours possible de vérifier le numéro codé ainsi que celui apposé sur le tube pour s'assurer de leur correspondance.
- La codification est introduite dans le calculateur au moment de la sortie des résultats.
- Enfin, on peut très simplement à l'aide d'un pupitre introduire toutes les modifications nécessaires.

V - CHOIX DES APPAREILS ET DU SOFTWARE

Le choix d'un matériel informatique s'avère délicat en raison du fait que les appareils proposés sur le marché sont tous très différents par leur prix ou leur conception.

Un fait est certain, il n'existe pas à priori d'appareil conçu pour une informatique médicale, ni de langage approprié. Il faut donc choisir un appareil de base modulable et l'entourer d'un certain nombre de périphériques. C'est en réalité le nombre de périphériques qui dans un certain sens accroit le coût d'installation.

Parmi les critères qui président au choix, le principal à notre avis est le service après vente. En effet le problème de la panne engendrant des structures dégradées (il sera étudié page 136) doit être résolu dans les heures qui suivent, faute de quoi le laboratoire exécutera les analyses mais celles-ci ne pourront pas sortir, c'est le paradoxe de l'informatique.
Il faut donc choisir un appareil qui pourra être dépanné facilement en province.

- Le choix de la marque doit être fait en fonction de l'expérience du laboratoire en matière informatique. Ainsi un laboratoire débutant dans l'informatique avec une structure hospitalière très classique, a tout intérêt à choisir une solution déjà existante, fonctionnant réellement dans un laboratoire de configuration analogue et même très proche.

En somme il s'agit de refaire dans les mêmes conditions les mêmes manipulations. Ce résultat ne peut être obtenu que par une copie aussi parfaite que possible. Une fois le système en fonction on peut alors faire une série de modifications qui peuvent aboutir au changement complet de la configuration de base.

Plusieurs théories s'affrontent alors. Si la solution d'une station d'acquisition de données 1080 I.B.M., reliée en temps différé à un calculateur, semble être une bonne école pour programmer, il n'en reste pas moins que c'est une solution onéreuse et qui au vu de notre expérience

personnelle doit être modifiée en utilisant un convertisseur analogique digital connecté à un petit calculateur. Ce dernier peut alors calculer des valeurs en grammes par litre dans l'intervalle de deux mesures. Il suffit de faire alors une gestion des résultats sur un ordinateur de gestion°.

A notre avis le problème du software est très délicat, en effet son coût est fort important (plus de 50 % du hardware) et il est souvent préférable d'acquérir un software fonctionnel (bibliothèque), à un prix abordable, plutôt que de créer un software réalisé soit par sa propre équipe soit par une maison spécialisée, les risques de non fonctionnement sont trop grands et le temps pour le réaliser est trop long et onéreux. En effet, il est exceptionnel de voir une société "d'engeenering" être compétente en matière de biologie, nous voulons dire par là qu'elle n'a pas démontré ses capacités en dirigeant elle-même un laboratoire d'analyses. Les seules réalisations que nous connaissons et qui fonctionnent avec un brillant succès sont dirigées par des biochimistes qui se sont recyclés en informatique médicale.

CONCLUSION DU CHAPITRE II

Dans ce chapitre nous avons abordé les solutions aux différents problèmes analysés au chapitre I.
Les prélèvements au niveau du malade ont été simplifiés par l'utilisation du matériel vacutainer BECTON DICKINSON, matériel à jeter. Les demandes d'analyses sur bon vert ont été remplacées par une série de cartes perforées, (six types de cartes) dont les critères d'identification ont été préperforés au bureau des entrées de l'Hôpital.

Les analyses elles-mêmes ont été améliorées dans le cadre de la spécificité, de la reproduction et de la contamination. L'identification positive des échantillons a été abordée et discutée. Enfin, l'étude du choix des appareils d'informatique et du software a été analysée.

° *Communication personnelle de la théorie développée par JENSEN à la commission d'informatique du Ministère de la Santé publique, 1972.*

C H A P I T R E III

I - INTRODUCTION AU PROGRAMME C.L.S.

A - *COLLECTE DES INFORMATIONS* :

Malgré un effort d'automatisation poussée du laboratoire, un certain nombre d'analyses diversifiées (et représentant en ce qui concerne l'Hôpital Saint-ANDRE 30 % des analyses) sont pour des raisons de rentabilité encore effectuées selon des techniques manuelles.

La collecte des résultats va donc devoir être effectuée de deux façons selon qu'ils seront obtenus d'une manière automatique ou manuelle.

1°) - Collecte des données à partir des machines automatiques et semi-automatiques :

On utilise à cette fin le système d'acquisition de données IBM 1081. Il s'agit d'un système informatique formé de plusieurs unités qui assurent la collecte et l'enregistrement des données provenant des nombreux appareils utilisés dans les laboratoires d'analyses tels que les autoanalyseurs, photomètres, chromatographes etc...

En ce qui concerne le laboratoire de l'hôpital Saint-ANDRE, les appareils connectés sont les suivants :

- un S.M.A. 12/30
- un TECHNICON monocanal pour le dosage des hyperglycémies (et des glycémies arrivant en urgence l'après midi),
- un double canal TECHNICON utilisé pour les urées urinaires et les glycosuries.

a - Configuration du système d'acquisition de données :

Il comporte :

α) - Une station d'acquisition de données I.B.M. 1081. C'est l'unité de contrôle et de commande de l'ensemble. Toutes les données en provenance des appareils de mesure "transitent" par le 1081 qui effectue la conversion analogique/digitale des valeurs obtenues. La capacité du 1081 est de 100 adresses. Sur 16 de ces canaux il est possible toutefois de connecter des modules de stockage analogiques (ASM's) qui permettront de stocker les valeurs des pics des signaux variables.

β) - Une unité d'entrée : l'unité de commande à distance 1083. Ce dispositif permet de déclancher à distance l'exécution d'un programme de balayage de l'I.B.M. 1081. C'est le technicien lui même qui le déclanche lorsqu'il estime que son appareil est prêt à fonctionner. L'exploitation séquentielle des demandes de balayage au niveau du 1081 détecte la demande et un programme commence. Deux commandes à distance 1083 au maximum peuvent être branchées en parallèle sur l'un des circuits de demande de balayage.

γ) - Un dispositif de sortie : la perforatrice de cartes imprimante 1058 (modèle 3). Elle est commandée par la station directrice 1081. Elle perfore une numérotation séquentielle des cartes, afin de garantir la séquence des enregistrements de résultat des analyses. (Cette perforatrice peut aussi être utilisée de manière indépendante comme une perforatrice ordinaire). Nous avons reproduit sur la page ci-contre l'organigramme du système :

" *Lorsqu'un appareil est seulement désigné par un numéro, il s'agit toujours d'un matériel I.B.M.*

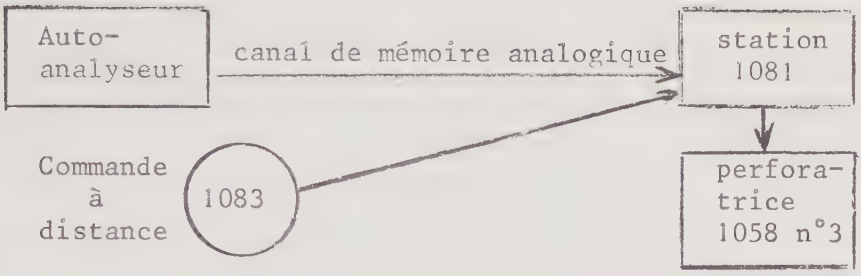


Figure n° 22 : Schéma de la connection des auto-analyseurs.

b) - Modalités de sortie des résultats :

Les valeurs enregistrées par le 1081 sont des nombres proportionnels à des tensions de courant. Les tensions stockées, sous forme analogique, par le 1081 sont converties en valeurs digitales et perforées sur cartes par l'intermédiaire de la perforatrice imprimante 1058 I.B.M. Les signaux peuvent être soit variables (analyseurs TECHNICON), soit fixes (photomètres).

α) - Données obtenues à partir des autoanalyseurs TECHNICON.

Il s'agit dans tous les cas de signaux analogiques variables, cependant le programme d'acquisition des données a deux options suivant les catégories d'appareils.

- *Cas des autoanalyseurs classiques :*

Les résultats apparaissent sur l'enregistreur sous forme d'une série de pics à raison d'un pic par minute, puisqu'on utilise d'une manière générale la cadence de 60 analyses à l'heure. Le signal obtenu est lu et la valeur du pic est stockée dans une mémoire analogique. Le 1081 étant sollicité pour la lecture de plusieurs canaux, il n'est pas obligatoire en effet que la perforation de la mesure soit effectuée au moment où la valeur du pic apparait. La méthodologie est la suivante :

Un potentiomètre de retransmission est placé en parallèle avec celui contrôlant la plume de l'enregistreur. La valeur analogique du voltage délivré par le potentiomètre de retransmission est stockée dans l'A.S.M. aussi longtemps

que l'intensité du signal y est croissante et y demeure lorsque le signal commence à baisser. Le 1081 donne alors l'ordre d'effectuer la lecture. La valeur analogique est convertie en digits et les caractères obtenus sont envoyés à l'unité de perforation. La mémoire analogique est ensuite restaurée et permet d'effectuer une nouvelle mesure.

- Cas des autoanalyseurs type S.M.A. :

Dans le cas du S.M.A. 12/30.

L'enregistreur doit être ici capable d'inscrire simultanément les signaux provenant de douze cellules photoélectriques lorsqu'un échantillon est analysé. L'enregistrement simultané de tous les signaux provenant du colorimètre donne un enchevêtrement de courbes dont seule la partie horizontale est significative de la concentration.

Un "programmateur", par l'intermédiaire d'une came circulaire possédant une série d'encoches et animée d'un mouvement de rotation uniforme, permet de ne tracer sur le papier que les portions de courbes seules intéressantes à l'aide d'un enregistreur à une seule plume. Cette came est synchronisée avec le déroulement du papier, elle permet de mettre en phase le signal provenant d'un photomètre et la portion du papier comportant une échelle de mesure.
A chaque encoche de la came correspond donc l'enregistrement d'une portion de courbe d'une analyse déterminée. Il sera nécessaire de "phaser le circuit" pour que durant le temps où la came interroge une cellule, la courbe donnant la densité optique soit enregistrée à son maximum et sur une portion horizontale.

On va utiliser cette même came pour déclencher la prise d'une valeur par la mémoire analogique. Les douze valeurs analogiques seront donc enregistrées séquentiellement par le 1081, converties et stockées sur cartes perforées. Ces valeurs numériques sont perforées par l'imprimante de façon séquentielle pour une même chaîne, mais apparaissent intimement mélangées, puisque provenant de plusieurs chaînes analytiques. Il a donc fallu pour les reconnaître ajouter un critère d'identification. Pour cette raison il est perforé avant chaque valeur résultat un numéro correspondant au canal interrogé. Ainsi les canaux désignés par les numéros un et deux sont réservés aux résultats du S.M.A. 12, le canal numéro trois aux glycémies, le quatre aux glycosuries et le sept aux urées urinaires. Nous avons reproduit sur la figure

suivante une carte résultat en provenance du 1081.

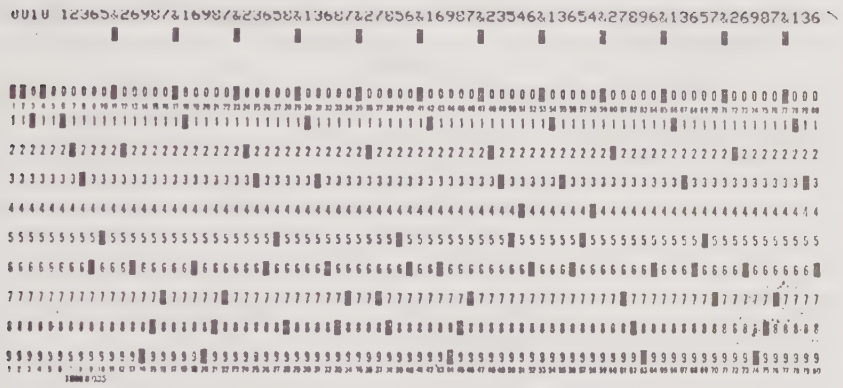


Figure n° 23 : Carte résultat.

Il est en outre possible et nécessaire lorsque deux sortes d'analyses sont effectuées l'une après l'autre sur un même TECHNICON monocanal de pouvoir les différencier. Celles-ci peuvent être identifiées grâce à un sixième chiffre (1 ou 2) placé après le résultat. L'ordinateur aura donc à tester : le premier chiffre représentant le numéro de canal et le dernier correspondant au code de l'analyse effectuée sur ce même canal afin de connaître la nature de l'analyse réalisée et de pouvoir lui attribuer le programme de traitement qui lui est propre.

β) - Données obtenues à partir des appareils du type "photomètre".

Lors d'une mesure, le signal correspondant à la densité optique va demeurer fixe jusqu'à ce qu'il soit lu par le 1081. Cette lecture est commandée manuellement par le technicien au niveau du photomètre. Lorsqu'elle est effectuée, la mémoire analogique est restaurée et l'on peut passer à une deuxième analyse.

Des valeurs numériques codées peuvent aussi être introduites et perforées de la même manière que les résultats des chaînes analytiques, cependant nous n'utilisons pas cette possibilité.

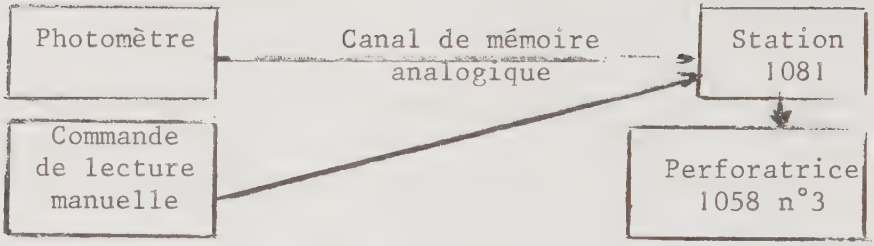


Figure n° 24 : Schéma de la connection des photomètres.

2°) - Collecte des résultats des analyses manuelles :

Le système va se trouver simplifié par rapport à celui des analyses automatiques dans lequel les cartes de demandes et les résulats suivaient deux trajets distincts et se trouvaient séparés en deux lots. Dans ce cas tous les renseignements nécessaires à leur traitement : heures, volumes, etc et tous les résultats vont être perforés directement sur les cartes de demande. Elles vont donc faire l'objet de manipulations supplémentaires.

B - ORGANISATION DU TRAVAIL

Les échantillons, accompagnés des cartes perforées, sont apportés au laboratoire par le personnel infirmier. Les cartes sont mises à part et traitées aussitôt par la perforatrice. D'une manière systématique une carte est crée pour chaque analyse.

Les échantillons sont de nature liquide pour la plupart à l'exception des matières fécales ou de certains tissus. Les liquides sont représentés par du sang 60 %, par de l'urine 30 %, par des liquides céphalo-rachidiens, de la bile et des liquides gastriques 10 %.

1°) - Analyses de sang :

Le sang prélevé sans anticoagulant (toutes les analyses sont effectuées sur le sérum) est centrifugé afin de séparer le sérum du caillot. La centrifugeuse MARTIN CHRIST°

° *Fabriquée par HERAEUS-CHRIST GMBH D-336 OSTERODE AM HARZ POSTFACH 1220.*

utilisée possède un fonctionnement programmé ; en effet grâce à un programme précablé, seul le départ du rotor est déclanché par l'opératrice puis le programme accélère de lui même au maximum la rotation de sorte que l'intensité du courant demandé par le moteur électrique reste dans les limites acceptables. Lorsque la vitesse prévue est atteinte (4500 tours/mn) celle-ci est maintenue pendant 5 minutes ; au bout de ce laps de temps l'alimentation du moteur est coupée, tandis que le frein électrique est enclanché automatiquement assurant l'arrêt du rotor dans les plus brefs délais sans pour autant amener une redispersion des particules dans le milieu.

Les tubes une fois centrifugés sont disposés sur les portoirs (figure n° 2) selon la procédure décrite page 41, c'est-à-dire en laissant la dixième position libre pour l'introduction des standards. On s'arrange pour que dans le premier bloc figurent les tubes dont le résultat est urgent, c'est-à-dire dont le résultat doit revenir dans les salles dans un délai aussi court que possible. Le fait de les passer dans le premier groupe diminue ce délai. Il est à remarquer que ce type d'urgence diffère totalement de l'urgence absolue dont nous avons détaillé le problème antérieurement page 43.

Lorsque le premier portoir est rempli, la secrétaire prépare le bordereau de travail correspondant comme nous l'avons déjà vu page 41. Bordereau et bloc de tubes sont transférés au poste d'analyse du S.M.A. sans modification par rapport à la méthode classique déjà décrite. Les changements de séquence éventuels sont réalisés avant l'analyse. Dans le cas où un paramètre dépasse la zone de lecture, il est nécessaire de procéder à une dilution. L'échantillon dilué est placé sur la première position libre ou libérée par le déplacement d'un tube.

Les particularités du système S.M.A. qui existaient avant l'informatisation ont été conservées. Ainsi la transcription des résultats sur le bordereau de travail est effectuée au fur et à mesure de leur sortie sur l'enregistreur. Ceci d'une part oblige la laborantine à surveiller le bon déroulement du diagramme et à repérer le cas échéant toutes les anomalies qui risquent de survenir, d'autre part lorsque l'informatique est en panne il est plus facile de transcrire les résultats à partir du bordereau que de relire les diagrammes.

Par ailleurs, le problème des changements de séquence, toujours délicat en informatique ne se pose pas ici, car il ne s'agit que d'une question purement analytique, la séquence destinée à l'informatique n'étant crée qu'une fois l'analyse terminée et non avant.

Il est important de signaler que cette façon de procéder est totalement indépendante de l'informatique et reste d'une grande souplesse. Lorsque l'analyse est terminée, le bordereau qui représente effectivement l'ordre dans lequel les analyses ont été exécutées, va servir à classer les cartes de demandes.

A la différence de beaucoup de structures informatisées, on remarque que le bordereau de travail n'est pas crée par l'ordinateur en fonction des cartes de demandes, mais dans un ordre arbitraire ne dépendant que d'informations d'urgence. Les cartes sont classées ensuite dans cet ordre, qui est celui des analyses effectivement effectuées.

En effet, nous avons pu mettre en évidence que la présence d'une liste de travail créée par le calculateur obligeait la laborantine à rechercher les échantillons pour préparer le bloc et cela parmi quelques 400 tubes. C'est une opération qui nécessite leur classement par ordre alphabétique après centrifugation. Cette recherche est environ trois à quatre fois plus longue que l'opération qui consiste à trier 400 cartes en fonction des bordereaux de travail.

Le classement des cartes est effectué selon la procédure originale : on utilise un classeur à soufflets. Il est en carton, cousu sur un côté et chaque compartiment est décalé par rapport au précédent. On obtient ainsi un classeur en écailles de poisson, nous l'avons représenté sur la figure n° 25.

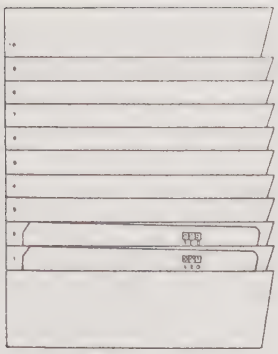


Figure n° 25 : Schéma du porte-cartes.

Les cartes de demandes provenant du secrétariat et correspondant à une analyse déterminée sont triées selon le bordereau de travail et placées dans le porte-cartes de sorte que la première carte soit placée dans le soufflet du bas, la deuxième dans le second soufflet légèrement décalée vers le haut. La deuxième carte est placée de telle façon qu'elle se trouve derrière la précédente mais légèrement au-dessus afin que les lignes d'impression du nom soient bien visibles et ainsi de suite jusqu'à la position dix qui est remplie par la carte dite standard. Cette façon d'opérer possède plusieurs avantages :

- Le bordereau est écrit de haut en bas, tandis que l'écaille est remplie par les cartes de bas en haut (voir la figure n° 26). Les mouvements étant en sens inverse, l'esprit est attentif à bien vérifier les positions respectives de la carte par rapport au bordereau.

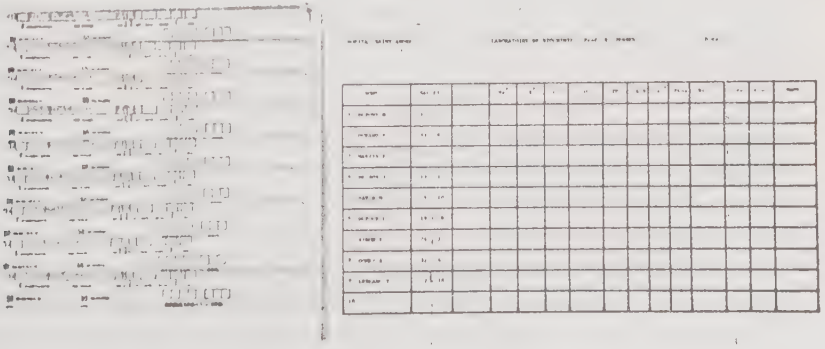


Figure n° 26 : Schéma comparatif du bordereau et du porte-cartes rempli.

- Si pour différentes raisons une carte manque, son emplacement est immédiatement visible et si sa recherche est infructueuse il sera toujours possible d'en créer une à l'identification du malade.

- Les cartes étant placées les unes derrière les autres, on peut les retirer d'un seul coup sans modifier pour autant leur ordre séquentiel. Il est tel que le numéro le plus faible est devant et le numéro le plus élevé derrière, c'est l'ordre de traitement par les machines informatiques (signalons aussi qu'il est possible d'inscrire au crayon le numéro d'ordre correspondant à sa position).

Pour perforer cet ordre on se sert d'un 1051 I.B.M. équipé d'un lecteur de cartes et à l'aide d'une carte programme sur laquelle sont portés les numéros 1 à 320 il est possible de perforer automatiquement les numéros de séquences sans difficulté (voir annexe sur les programmes de perforation).

Les avantages de la procédure adoptée sont considérables, nous les rappelons brièvement :

- L'appareil d'analyse peut démarrer dès que le premier portoir est terminé, tandis que le remplissage du portoir ou du plateau distributeur selon l'ordre imposé par l'ordinateur ne peut se faire s'il y a un tube manquant (par exemple un tube cassé au cours de la centrifugation). Il pourrait se faire à condition d'effectuer les modifications correspondantes sur les listes de travail au niveau de l'ordinateur.

- Il est possible d'effectuer des changements de séquence très facilement et de placer ainsi les urgences au moment de leur arrivée sans incident.

- Une analyse peut être effectuée même si le malade n'a pas son jeu de cartes (bien entendu pour introduire la séquence dans l'ordinateur, il faudra créer cette carte, mais le temps dont on dispose alors est considérable).

- L'utilisation des porte-cartes protège au maximum les cartes lors de leur manipulation au laboratoire et permet de diagnostiquer immédiatement les cartes manquantes.

- On peut se rendre compte facilement si deux cartes sont placées l'une derrière l'autre dans un même

soufflet en tenant le porte-cartes de la main gauche comme un éventail et en écartant les écailles d'un mouvement de la main droite.

- Enfin du point de vue psychologique cette méthode, très proche de l'ancienne procédure, laisse toute liberté au personnel qui n'ayant plus la contrainte de l'ordinateur est à tout moment maître des évènements. Il en découle une atmosphère de calme qui est un facteur important dans l'élimination des risques d'erreurs.

2°) - Analyses d'urines :

Le problème est ici nettement plus compliqué, car d'une part il n'existe pas de S.M.A. effectuant les analyses d'urine dans l'esprit des analyses de sang et d'autre part le fait d'avoir des recherches d'éléments anormaux nous indique que dans certains cas nous pourrons avoir une réponse négative.

Si nous examinons les différentes solutions possibles, deux seulement sont acceptables en ce qui concerne les analyses suivantes : urée, glucose, albumine, corps cétoniques urinaires. On peut effectuer :

- Soit systématiquement l'analyse des quatre paramètres sur un même échantillon. En dehors de l'urée, les autres paramètres risquent parfois d'être nuls, il faut donc éliminer les valeurs très faibles (l'analyse automatique ne donne jamais une valeur nulle) et les transformer en néant.

- Soit le tri des tubes à réaction positive de ceux à réaction négative au moyen d'une recherche rapide mais spécifique et ensuite le dosage des tubes positifs sur un autoanalyseur.

Nous avons adopté la deuxième solution. C'est en effet la plus rapide, la plus souple et la seule qui s'accomode facilement des tests manuels, comme la recherche des corps cétoniques. Par ailleurs, la première solution nécessitant le passage de plus de 200 échantillons, les cadences de dosage ne permettent pas de communiquer certains résulats avant le repas de midi (ceci est important pour les diabétiques).

Les analyses d'urines sont donc séparées en deux lots :

a) - Le premier lot :

Il s'y trouve les analyses simples, d'orientation clinique. Elles nécessitent un seul échantillon d'urine par malade correspondant à une partie aliquote des urines de 24 heures. Elles sont accompagnées d'une carte jaune, qui est elle-même reproduite au laboratoire de façon à en avoir un exemplaire pour chacune des quatre recherches ou analyses. Selon la méthode déjà décrite le cahier de laboratoire est rempli et le dosage de l'urée est effectué d'une manière systématique. Dans ces conditions une écaille est constituée, l'ordre séquentiel est inscrit sur la carte puis le jeu est transmis au poste de perforation. La recherche du glucose est réalisée par la méthode à la glucose-oxydase (bandelettes LABSTIX[c]). Si elle est négative la transcription en est faite immédiatement sur le cahier ainsi que sur les cartes jaunes qui sont aussitôt transmises au poste de perforation. Dans le cas contraire les échantillons sont transférés à la paillasse des diabétiques tandis que les cartes correspondantes sont transférées au secrétariat afin d'en réaliser leur copie sur des cartes vertes. En ce qui concerne l'albumine et les corps cétoniques, leur recherche ou dosage étant réalisé manuellement il ne se pose aucun problème. Le numéro de séquence et les résultats sont au fur et à mesure portés sur les cartes qui sont par la suite transmis au poste de perforation.

b) - Le deuxième lot :

Il rassemble les urines dites de diabétiques, c'est-à-dire de malades pour lesquels une thérapeutique doit être instaurée. Les échantillons sont au nombre de trois pour chaque malade, ils correspondent aux prélèvements effectués entre 8 et 12 heures, 12 et 18 heures, 18 et 8 heures. Ils sont accompagnés d'une carte verte qui est reproduite en autant d'exemplaires au laboratoire. Une recherche à la glucose-oxydase est également effectuée. Les échantillons négatifs sont joints au premier lot après transcription sur le cahier et changement de la carte verte en une carte jaune. Les autres tubes sont analysés en séquence, c'est-à-dire, dans l'ordre

[c] *LABSTIX, AMES. Laboratoire Miles Paris.*

pour un malade déterminé, soit par exemple :

1 - 3 si le 2 a été écarté.

Un standard est incorporé tous les dix dosages. Les dosages de diabétiques sont d'abord exécutés et ensuite ceux provenant du premier lot. Les écailles sont constituées de la même manière que pour les analyses de sang. Cependant en plus de la séquence les numéros des échantillons et les volumes sont inscrits sur les cartes, avant que celles-ci soient transférées au poste de perforation.

Dans le cas où un pic n'est pas interprétable (overlapping) ou si la concentration dépasse l'échelle de lecture entrainant l'obligation de diluer l'échantillon, l'analyse est refaite en fin de série.

Les cartes vertes ne sont pas modifiées dans leur ordre, mais on a un nombre plus grand de pics que de cartes. Il devient alors nécessaire de préparer un bordereau dit de modification sur lequel on indique le numéro séquentiel d'échantillons refaits et les conditions de dilution. Ces informations vont être utilisées pour modifier les valeurs de l'échantillon sans perte de son identification.

L'ordinateur calcule les deux pics (on obtient toujours une valeur en digits même si le potentiomètre est en butée) mais au moment de l'édition il effectue une permutation entre les résultats. De ce fait une valeur exacte est attribuée au numéro de séquence considéré, tandis que la valeur erronée n'ayant en correspondance aucune carte d'identification est écartée.

De toutes manières les enregistrements dès qu'ils sont effectués sont dépouillés selon la méthode classique, les résultats bruts sont transcrits sur le cahier permettant un contrôle ultérieur de l'édition définitive, comme c'était le cas pour le S.M.A..

3°) - Analyses effectuées sur des appareils de mesure non connectés :

Dans ce cas les analyses sont effectuées de la manière classique et les résultats obtenus à l'aide d'abaques sont transcrits directement sur les cartes correspondantes.

Cependant quelques cas nécessitent des calculs

et une exposition spéciale pour lesquels nous avons été dans l'obligation de créer des cartes particulières c'est le cas des électrophorèses et des selles.

a) - Les électrophorèses :

Les cartes ont été établies de manière à ce qu'elles comportent d'une part l'identification du patient et d'autre part les valeurs brutes correspondant à chacun des pi Le programme SELPRØ effectuant automatiquement le calcul en pourcentage des fractions et la concentration en grammes par litre à partir du taux de protéines totales. La description de la carte est la suivante :

Colonnes : 1 à 4 : le code carte ELEC
5 à 40 : les critères d'identification et la date
42 à 47 : le taux de protéines (résultat repris à partir du S.M.A.
49 à 51 : la surface du pic de l'albumine
53 à 55 : la surface du pic α_1 globuline
57 à 59 : la surface du pic α_2 globuline
60 à 63 : la surface du pic β_2 globuline
65 à 67 : la surface du pic γ globuline

Les colonnes 48, 52, 56, 60, 64, 68 et 80 sont exemptes de perforation afin de rendre la vérification plus rapide.

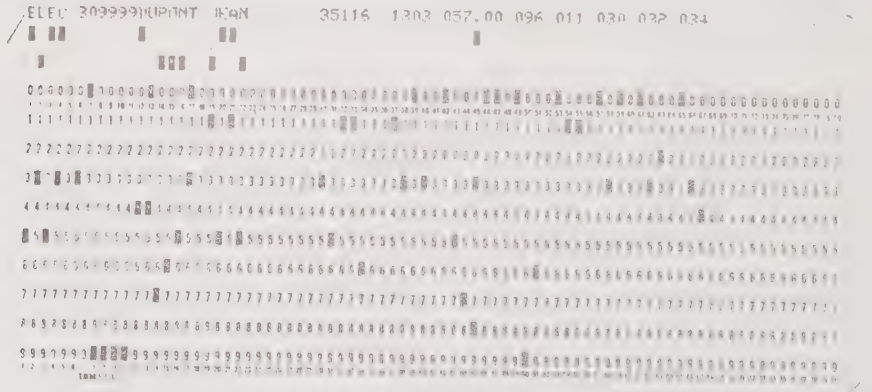


Figure n° 2 : Reproduction d'une carte électrophorèse.

b) - Les selles :

Une carte analogue a été crée, où nous avons fait figurer toutes les indications codées ou non en vue de donner un résultat comportant la couleur, la consistance, le poids de selle fraîche, le poids de selle sèche, le pourcentage d'eau, le taux des graisses hydrolysées dans les selles sèches, en totalité et pour 100 grammes, le taux des graisse neutres en totalité et pour 100 grammes, le taux des graisses excrétées en totalité et pour 100 grammes et leur pourcentage respectif (6). La description de la carte est la suivante :

Colonnes : 1 à 4 : le code carte SELL
5 à 40 : les critères d'identification et la date (page 53)
42 : la couleur, selon le code suivant : noir : 1, marron : 2, chocolat : 3, ocre : 4, vert : 5, jaune : 6, blanc : 7.
44 à 46 : le pH
48 : la consistance, selon le code suivant : aqueuse : 1, liquide : 2, pateuse : 3, moulée : 4, dure : 5, mousseuse : 6, muqueuse : 7.
50 à 53 : le poids de selle fraîche en grammes
55 à 56 : le pourcentage d'humidité
58 à 60 : le poids de selle sèche en grammes
62 à 65 : descente de burette de KOH 0,1 N en ml
67 à 71 : descente de burette de HCl 0,1 N en ml.

Les colonnes 41, 43, 47, 49, 54, 57, 61, 66 et de 72 à 80 sont exemptes de perforation pour permettre les vérifications.

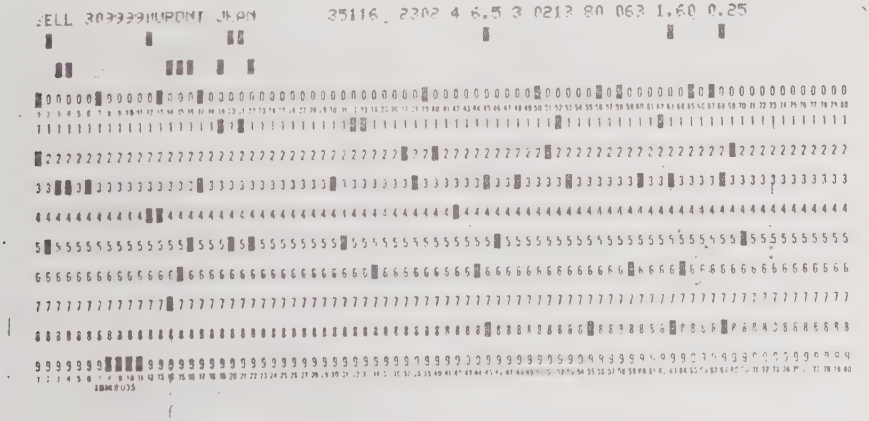


Figure n° 28 : Reproduction d'une carte selle.

C - LE POSTE DE PERFORATION

Comme nous l'avons vu les cartes de demande, une fois convenablement remplies, doivent être perforées pour pouvoir être lues par l'ordinateur. Pour toutes les cartes les éléments de perforation sont les suivants :

a) - le code séquence :

Il est indispensable pour toutes les analyses mêmes celles qui ne sont pas réalisées par voie automatique et dont le résultat doit être perforé, ceci en raison de l'homogénéité du programme de traitement. Nous verrons que lors de l'édition du "LISTING" les résultats sortent par canal analytique avec en regard le nom des malades et cela dans l'ordre séquentiel. Ceci permet de réaliser un contrôle simple et rapide des résultats.

A l'emplacement de chaque standard est introduit une carte portant tous les critères d'identification classiques au nom de STANDARD UN, STANDARD DEUX etc... avec un numéro d'entrée commençant par 999, pour éviter les interférences avec les malades. Leurs valeurs apparaissent sur l'enregistreur et sur le calculateur, il est donc nécessaire de les identifier.

En raison du programme de l'ordinateur et de la conception même du 1080 pour le S.M.A. il est nécessaire de placer une carte standard en tête du premier groupe car l'ordre de la prise en charge des résultats par le 1080 est réalisé sur un standard. Au contraire, dans le cas des chaînes monocanal, le premier pic sert à l'initialisation de la mesure mais n'est pas comptabilisé dans la numérotation des pics.

Il en résulte donc un décalage de un dans les séries mais cette incrémentation de un dans la séquence des malades n'a aucune incidence puisque l'ordre séquentiel est respecté entre deux standards, cet ordre correspond bien à celui du bordereau de travail.

L'exemple suivant va nous montrer qu'il en est bien ainsi :

TABLEAU N° III

EXEMPLE DE CORRESPONDANCE ENTRE L'IDENTITE DU MALADE ET LES NUMEROS DE SEQUENCE.

Noms des malades	N° d'ordre du bordereau	N° de séquence perforé	N° d'ordre du listing
STANDARD UN	Néant	1	1
DUPONT	1	2	2
DURAND	2	3	3
.....	3	4	4
.....	4	5	5
.....	5	6	6
.....	...	...	...
.....	9	10	10
STANDARD DEUX	10	11	11
DELBOS	11	12	12
MARTIN	12	13	13

La perforation de la séquence est effectuée sur une perforatrice alphanumérique 1050 I.B.M. à laquelle on a adapté un lecteur de cartes. Un miniprogramme placé sur le tambour permet d'arrêter la carte au niveau de la perforation de la séquence (colonnes 2, 3 et 4). Nous avons préparé une carte sur laquelle se trouvent perforés les nombres de 1 à 320. L'appel de la première carte provoque sa mise en position de perforation. Si l'on effectue en même temps un appel de lecture au niveau du lecteur de cartes, le premier chiffre ici le 001 va être perforé sur la première carte. Celle-ci est ensuite chassée mais la seconde est déjà en place, le deuxième chiffre est perforé de la même façon et ainsi de suite.

Cette méthode automatique évite toute erreur car chaque carte appelle le numéro correspondant. Elle ne nécessite aucune intervention de l'opératrice, si ce n'est pour contrôler au départ qu'au standard un correspond bien le numéro un séquentiel, ceci dans le cas du S.M.A..

Il en est presque de même pour les autres analyses à cela près que le numéro perforé correspond au véritable

numéro séquentiel du bordereau et du porte-cartes.

b) - La date, l'heure et le code de l'analyse :

Toutes les cartes étant classées par poste de travail, ces perforations sont toutes identiques par série et peuvent être faites en reproduction automatique simultanément avec le numéro de séquence.

c) - Les résultats et les cartes de changement de séquence :

La perforation des résultats est réalisée dans le cas des analyses manuelles à partir des valeurs portées sur la carte ou au moyen des cahiers de paillasse. On perfore aussi les cartes de changement de séquence et de dilution à partir des bordereaux de modification où ont été notés au fur et à mesure de la réalisation des analyses tous les renseignements nécessaires.

Pour des raisons de rapidité, le contrôle de perforation est réduit au contrôle de départ et d'arrivée des perforations automatiques. Les paquets de cartes portant des indications identiques : date, heure, analyses etc... sont contrôlés par la lecture des perforations par voie alphanumérique. Il devait être envisagé une lecture de toutes les cartes par le lecteur de cartes, en réalité ce contrôle s'avère beaucoup trop long.

En fait le contrôle détaillé par plusieurs personnes est exécuté sur les cartes qui, perforées de manière aberrante, risqueraient simplement d'arrêter le déroulement du programme. Le traitement des cartes étant réalisé sur une puissante machine, le 360 I.B.M., le contrôle des erreurs est effectué au niveau du calculateur, les rectifications sont faites sur place. Ceci permet un gain de temps considérable car les lecteurs de cartes des ordinateurs sont beaucoup plus rapides.

Malgré le grand nombre de cartes ainsi perforées, plus de 3000 parfois, la fiabilité est grande, on compte une moyenne d'une erreur par semaine. Le risque d'erreur est certainement plus élevé au niveau des cartes de demandes dont certains défauts de perforation dûs aux défectuosités de la machine ne peuvent être décelées avant la distribution aux salles. Là, réside assurément un des points faibles de cette méthode.

II - ETUDE DU SOFTWARE C.L.S.

Il nous a semblé indispensable de faire une étude rapide de l'organisation informatique et du software qui est utilisé au Laboratoire Central de Biochimie de l'Hôpital Saint-ANDRE, avant d'en discuter les avantages et les défauts. Nous décrirons ensuite les modifications que nous avons apportées à ce programme afin de le rendre plus performant.

A - GENERALITES

Le Clinical Laboratory System a été élaboré par une équipe d'informaticiens et de biochimistes sous la direction du Professeur SCHNEIDER de l'Université d'UPPSALA, département d'informatique. Cette création avait pour but de résoudre le problème de la gestion d'un laboratoire d'analyses chimiques d'un hôpital de 1.500 lits. 3.000 analyses étaient réalisées par jour avec 40 machines automatiques.

Cette procédure a pu être développée dans d'autres laboratoires d'hôpitaux et tout particulièrement à HUDDIKSWAL et UMEA, SUNDSWAL (Suède). C'est un des rares programmes de biochimie exportable avec succès dans d'autres laboratoires que celui d'origine. En France (BORDEAUX et MARSEILLE), en Italie etc...

Les buts de cette procédure sont les suivants :

- recueillir les informations des malades,
- rassembler les résultats provenant des analyses automatiques et manuelles,
- calculer les résultats en termes de concentration en tenant compte de la contamination et de la dérive,
- comparer le résultat aux résultats normaux,
- effectuer l'édition des résultats par jour ou par semaine et enfin procéder aux éléments de comptabilité.

Le C.L.S. repose essentiellement sur la configuration "hardware" suivante :

Une station d'acquisition de données 1080 I.B.M. et un ordinateur I.B.M. 1130 avec un certain nombre de périphériques classiques. A l'heure actuelle le 1080 n'est plus fabriqué par la firme I.B.M. et le 1130 qui devait se trouver au

laboratoire, a été remplacé par l'utilisation (en temps partagé ou multiprogrammation) d'un matériel plus lourd le 360/30.

B - ORGANIGRAMME DU C.L.S.

Le C.L.S. se déroule en trois parties précédées d'un prologue.

- *Prologue :*

Les malades hospitalisés reçoivent un lot de cartes perforées, d'étiquettes autocollantes afin de permettre le libellé des demandes.

- *Première partie :*

Il s'agit du domaine de l'acquisition de données, qu'elles aient pour origine les appareils automatiques ou bien les systèmes manuels, ces données sont converties en digits et perforées sur des cartes.

- *Seconde partie :*

Il s'agit du traitement de ces données après lecture des cartes. Ce traitement consiste à faire la comparaison des résultats obtenus avec la courbe étalon après détermination de la dérive et de la contamination.

- *Troisième partie :*

Cette dernière partie comporte l'édition définitive des résultats appartenant à un même malade sur un document unique qui peut être journalier ou hebdomadaire.

L'organigramme du C.L.S. présenté ici sous sa forme classique est composé d'un certain nombre de programmes et de sous-programmes écrits pour la plupart en langage FØRTRAN ce qui les rend plus faciles à surveiller et à y apporter des modifications. Cependant, certains d'entre eux comme SUBRØUTINE sont écrits en ASSEMBLEUR. Il s'agit de programmes indispensables devant s'enchainer entre eux de sorte qu'ils ne nécessitent qu'une intervention minime de l'opérateur. Ces programmes sont stockés sur disques et une unité de contrôle, une imprimante 1052, permet la communication avec le système grâce à des messages d'erreurs ou donne des renseignements sur le déroulement du programme.

Ces différents programmes peuvent être groupés selon sept catégories.

I - Programmes de mise en route et de remise à zéro des registres : DOC,
ETIK,
START,
ANPAR.

II - Programmes de lecture des cartes : REQIN,
SCPRO,
PRINP.

III - Programme de calcul : CALCY auquel il faut ajouter le programme ANCOP.

IV - Programmes de contrôle de qualité et de modifications : QUAL,
MODIF.

A ce niveau il existe deux possibilités :

a - si le contrôle montre que certaines valeurs ne sont pas recevables ou sont erronées on passe à V.

b - dans le cas contraire on passe directement à VII.

V - Programmes de relecture des cartes de demandes et de résultats après correction : CAPRI,
ANPRI,
PAPRI.

VI - Programmes de modification et de changement d'ordre : RESTA,
CHRAW,
CHAPT.

La boucle est alors refermée sur CALCY si les valeurs sont cette fois acceptables et les programmes suivants sont enclanchés.

VII - Programmes de changement de séquence et de dilution : CHSQ,
DILUT.

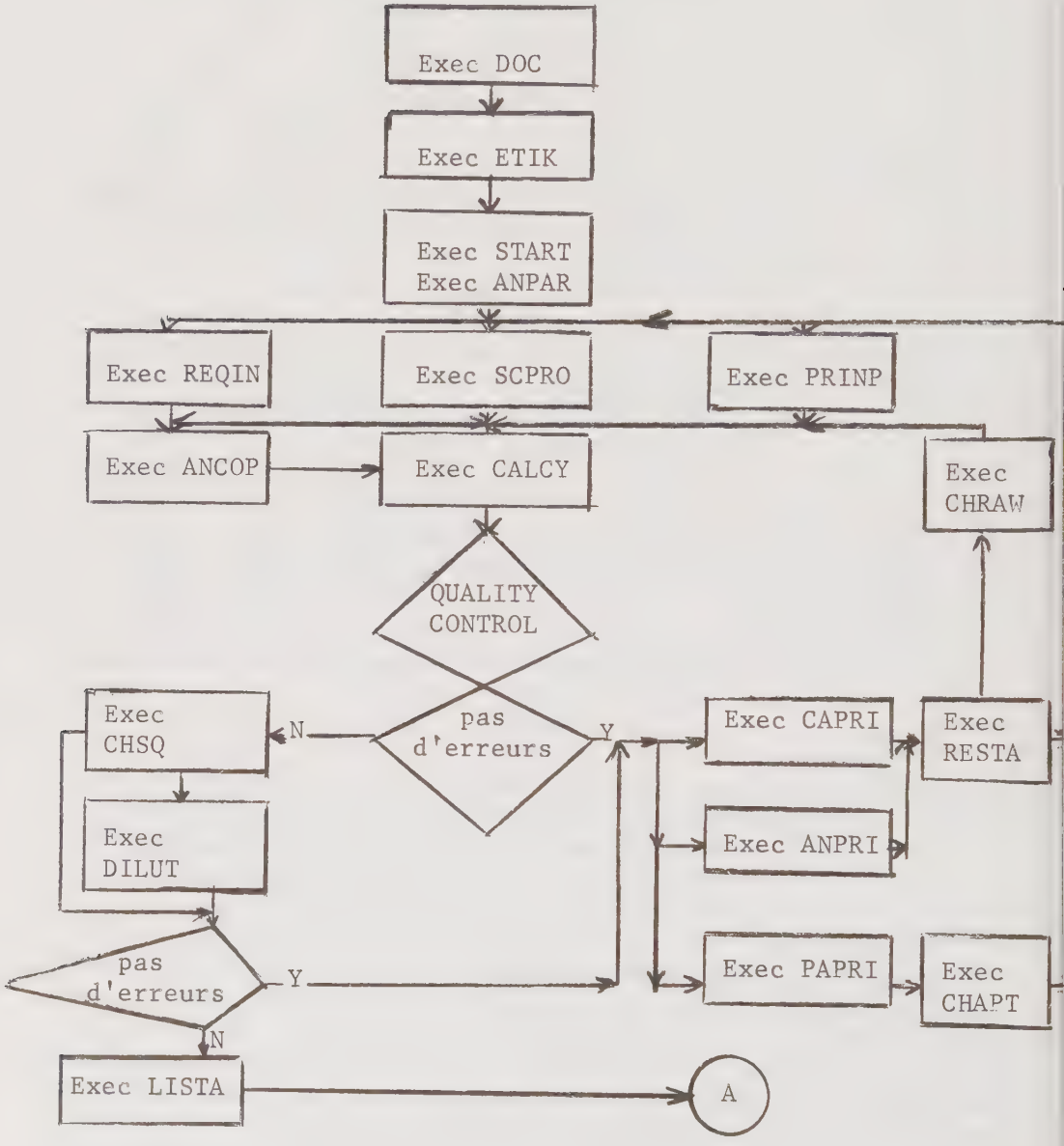
VIII - Programme d'édition : LISTA.

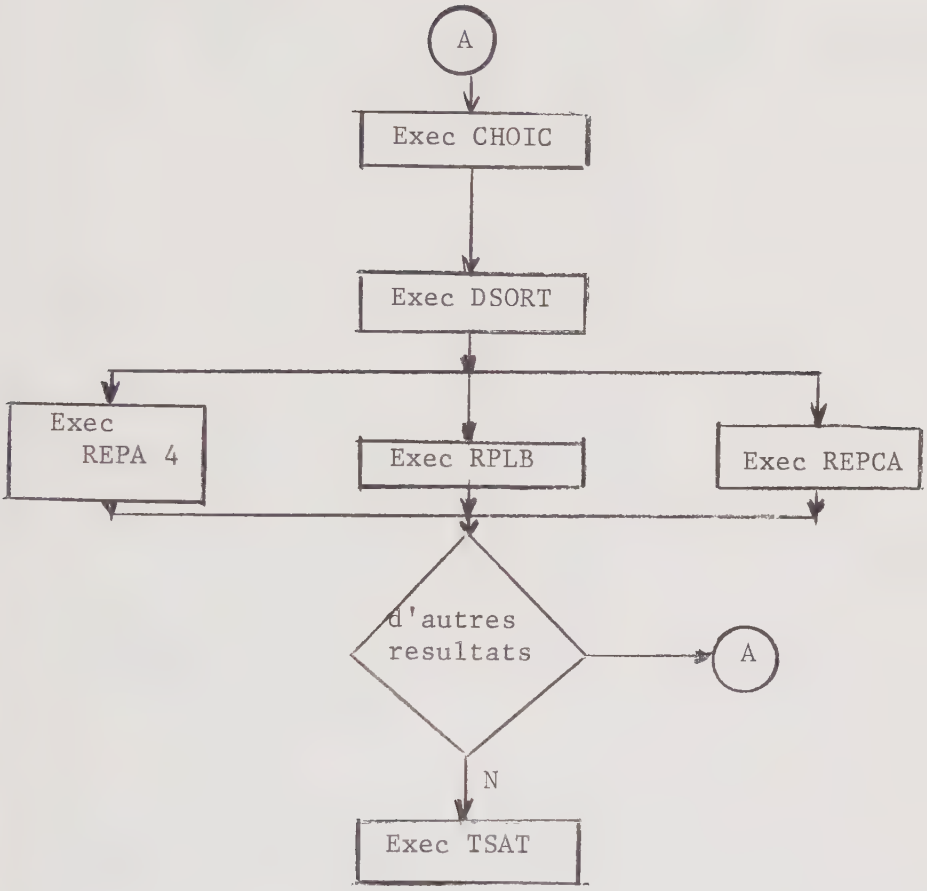
IX - Programme de statistiques : TSAT.

Nous avons reproduit ci-après l'organigramme général du C.L.S.. Nous reprendrons ensuite quelques uns de ces programmes afin d'en discuter les possibilités.

TABLEAU IV

ORGANIGRAMME GENRAL DU C.L.S.




A
Exec CHOIC
Exec DSORT
Exec
REPA 4
Exec RPLB
Exec REPCA
d'autres
resultats
A
N
Exec TSAT

1°) - Programmes de mise en route :

- DOC : dresse la liste des noms des médecins et des hôpitaux ou cliniques qu'il stocke dans différents registres.

- ETIK : effectue la lecture et la mise à jour du registre FILET qui contient les codes des hôpitaux et des services qui seront reportés sur les étiquettes°.

- ANPAR : contient un certain nombre de paramètres codifiant l'analyse, on y trouve ainsi :
  - le numéro de l'analyse,
  - les différents codes à 4, 8 et 20 caractères,
  - l'unité utilisée pour le libellé des résultats,
  - la nécessité d'utiliser des logarithmes pour le calcul,
  - la contamination,
  - les valeurs normales en fonction de l'âge et du sexe,
  - les concentrations des standards pour la gamme d'étalonnage.

Ces éléments sont constants pour une analyse déterminée, cependant on doit y ajouter tous les jours le nombre réel d'analyses de ce type effectuées.

- START : ce programme doit être complété chaque jour. Il enregistre la date et remet les registres à zéro. Il permet d'effectuer une lecture correcte des valeurs du 1081 selon les A.S.M. d'entrée.

2°) - Programmes de lecture des cartes :

Ces programmes sont exécutés tous les jours, ces cartes étant créées ou complétées au laboratoire. Cette lecture est réalisée en temps différé.

- REQIN : il effectue la lecture des cartes de demandes, dresse un registre des patients qui va contenir les critères d'identité du malade et les analyses demandées sous forme codée.

° *On appelle étiquette les feuilles de réponse qui sont adressées au médecin, chef de service, demandeur de l'analyse.*

- SCPRO : il lit les cartes comportant les résultats en prevenance du 1080 après transformation en digits des valeurs analogiques du potentiomètre de retranscription. Ces valeurs brutes (raw values) sont décodées, elles peuvent être identifiées et stockées dans des registres correspondant à chaque analyse.

- PRINP : c'est un programme destiné à lire les résultats provenant d'appareils qui ne sont pas reliés directement au 1080. Ces résultats ont été perforés manuellement selon un programme approprié. Le programme en établit la liste par catégories d'analyses.

3°) - Programme de calcul :

- CALCY : ce programme, de loin le plus important du C.L.S., a pour but de transformer les valeurs brutes en valeurs élaborées. Il est construit de telle façon que toutes les valeurs brutes lues par les programmes précédents passent par la même méthode de calcul, seuls les éléments susceptibles de changer étant les constantes de chacune des analyses. Sans entrer dans le détail du programme qui est fort complexe, nous en mettrons en évidence quelques points.

L'idée générale est de trouver une fonction algébrique qui traduise aussi bien que possible la relation existant entre la concentration en "grammes par litre" du paramètre considéré et la valeur brute de la lecture (densité optique par exemple). Pour des raisons d'ordre pratique, on a choisi une fonction du second degré

$$y = ax^2 + bx + c \qquad (I)$$

En effet toutes les fonctions algébriques peuvent être développées dans certaines conditions sous cette forme. On remarque immédiatement que la valeur des coefficients dépend de la nature de l'analyse et des caractéristiques de la mesure. Par exemple, si l'appareil donne des résultats directement en densité optique comme le S.M.A., et que la réaction suive la loi de BEER LAMBERT, on sait que dans ce cas la concentration sera directement proportionnelle a la densité optique donc a et c seront très faibles ou nuls.

Si au contraire les appareils donnent une mesure en pourcentage de transmission et si la loi de BEER LAMBERT est suivie, la concentration est proportionnelle au logarithme de la mesure, on pourra donc écrire :

$$y = a\,(\mathrm{Log}\ x)^2 + b\ \mathrm{Log}\ (x) + c \qquad (II).$$

où le terme du second degré et le terme constant corrigeront les écarts de la réaction avec la loi de BEER LAMBERT.

Le choix du logarithme ou de la valeur brute est fait une fois pour toutes et dépend de l'analyse considérée.

Dans le cas où les résultats d'analyses sont donnés pour un type d'analyse sous la forme d'un résultat en grammes par litre (appareils non connectés), les coefficients ont pour valeurs :

a = c = 0 et b = 1 et cela pour la fonction I.

Les valeurs des coefficients a, b, c sont obtenues par le calcul et la méthode utilisée est celle dite des moindres carrés par le programme CROUT (C.L.S.). D'une manière simplifiée cette méthode permet de choisir la parabole passant le plus près possible des points expérimentaux (la somme des carrés des différences des concentrations est minimale).

D'une manière systématique les constantes a, b, c sont calculées au moyen des valeurs de calibration obtenues dans la lecture de la gamme d'étalonnage déduction faite de la contamination. Si au cours de la lecture des valeurs brutes le programme trouve une nouvelle série de valeurs de calibration dans le canal analytique considéré, les constantes a, b, c, sont recalculées.
Le programme CALCY est construit de telle façon que chaque série d'analyses terminée, le programme automatiquement passe à la suivante, il en sera de même pour chaque série. Si par hasard les valeurs de calibration sont incomplètes, aucune ne sera calculée dans ces conditions, le risque d'obtenir des valeurs fausses sera donc faible.
Le programme ANCOP qui est associé au programme CALCY a pour but de réaliser une copie de l'analyse, pour ce faire il réalise donc une copie des raw values pour certaines analyses (par exemple : quantité de glucose éliminé en fonction de la glycosurie) et en fait effectuer le calcul par CALCY.

3°) - Programmes de modification et contrôle de qualité :

Une fois le programme CALCY terminé pour toutes les analyses le C.L.S. fait appel aux programmes MODIF et QUAL.

- MODIF : permet d'éliminer les interactions possibles entre deux dosages. Il nécessite la présence de deux valeurs distinctes dont on va tirer une troisième. Par exemple, le dosage du cholestérol effectué directement sur le sérum est entaché d'une erreur par excès en raison de la présence de bilirubine. Le programme MODIF est capable de corriger ce résultat.

- QUAL : a pour but de calculer les valeurs moyennes des standards et de tous les résultats, il permet donc un contrôle de qualité.

4°) - Programmes de lecture de cartes :

Ces programmes sont exécutés après le contrôle des valeurs et les modifications éventuelles.

- ANPRI : dresse la liste des analyses.
- PAPRI : dresse celle des patients.
- CAPRI : dresse celle des valeurs 1080.

5°) - Programmes des changements de séquence et de dilution :

Ces programmes sont nécessaires pour rendre le C.L.S. fonctionnel mais non pour entrer ou sortir les données ou encore effectuer des calculs de routine. Parmi les plus importants on notera :

- CHSEQ : il permet les changements de séquence à l'intérieur d'une série d'analyses.
- DILUT : il effectue les multiplications par les facteurs de dilution pour certaines analyses.
- CHOIC : sélectionne les résultats qui devront être transmis.

6°) - Programme d'édition :

- LISTA : il édite les résultats du laboratoire, cahier légal.

C - MODIFICATIONS DU C.L.S.

a) - Cas des analyses manuelles :

Si l'on est attentif au déroulement du programme, on a pu remarquer que toutes les analyses passent par le

programme CALCY. Ce programme entre SCPRØ et LISTA occupe une grande partie de la durée totale du programme, mais si l'on veut bien considérer qu'un certain nombre d'analyses (15 %) sont des analyses manuelles, c'est-à-dire pour lesquelles les résultats sont perforés en clair sur les cartes, on comprend que le programme CALCY n'effectue que des opération avec un multiplicateur égal à 1 puisque le résultat doit être identique au chiffre introduit.

Nous avons donc au début du traitement informatique introduit une question, page 108, qui permettra de différencier les analyses automatiques des analyses pour lesquelles un résultat en clair est perforé sur les cartes analyses. Celles-ci sont transférées directement au niveau du TRI en évitant le programme CALCY ; le temps de traitement est donc diminué mais un autre avantage réside dans la possibilité de remplacer certaines valeurs digitalisées par leur valeur en clair déduite des abaques. C'est le cas par exemple pour les hyperglycémies provoquées où le paramètre utilisé est le glucose mais pour lequel on a fait dans certains cas un bilan complet, c'est-à-dire 11 analyses inutiles. Dans ces conditions le programme d'annulation de valeurs est trop long (11 annulations donc 11 cartes par malades), il est donc préférable de perforer une carte avec un résultat.

b) - Exécution des programmes CAPRI, ANPRI, PAPRI

Ces programmes sont soit supprimés : CAPRI et PAPRI soit déplacés ANPRI, voir page 108.

c) - Le programme CHRAW :

Ce programme de changement de valeurs est effectué entre SCPRØ et CALCY. Cependant ce programme CHRAW est une source de difficultés. En effet, au moment du programme départ (START) on est obligé d'indiquer dans ANPAR le nombre de mesures qui ont été effectuées pour une analyse déterminée. Si le nombre de valeurs brutes lues par le programme SCPRØ est différent de celui enregistré dans ANPAR et CALCY, n'est pas exécuté pour cette série d'analyses et sans autre indication le programme passe à la catégorie suivante.
Il en résulte que l'information apparait environ 100 minutes plus tard au moment du programme LISTA. Or ce type d'erreur

peut apparaître très facilement. Nous en donnons l'exemple suivant : dans une série d'analyses le pic n° 14 se présente sous la forme d'un épaulement du 13, figure n° 29.

Figure n° 29 : Pic élevé enveloppant un pic faible (14).

Le pic 14 identifié à DUPONT a été refait à la fin en position 224 et admettons que nous ayons eu 223 malades, nous avons donc 224 résultats, (bien que le pic 14 ne soit pas bon, une valeur a été prise par le 1080 lors de l'ouverture de la fenêtre). Le programme CHSQ nous permet de permuter les valeurs 1080, 14 et 224 nous avons donc en 14 la nouvelle valeur de DUPONT, valeur recevable cette fois-ci Mais nous avons toujours 224 valeurs soit une de trop, il nous faut donc faire jouer le programme CHRAW pour annuler la 224ème valeur.

Or, si l'on admet par exemple que sur une chaîne monocanal il y a parfois de 5 à 10 % de pics à refaire soit pour épaulement soit pour dilution, on conçoit qu'il est délicat d'effectuer tous les changements et annulations de valeurs ceci entraînant un risque d'erreur important.

Le cas du S.M.A. est très particulier. En effet, nous avons un standard tous les 9 échantillons, ceci conduit donc à 10 % d'annulations. Or chaque changement de séquence entraine le décalage de tous les résultats suivants, de plus chaque annulation nécessite 12 cartes, autant que d'analyses, en effet, il faut procéder à des annulations dans chacune des séquences analytiques, ce qui correspond à près de 240 cartes perforées par jour. Nous avons donc préféré introduire un malade imaginaire nommé STANDARD UN, STANDARD DEUX et...

ainsi l'édition des résultats de ce malade se poursuivra jusqu'au bout sans ennui. Il suffira alors d'enlever les éditions de ce malade au moment de la distribution dans les services.

Une telle procédure semble paradoxale, cependant la modification du programme pour éviter de tels ennuis, est trop importante pour pouvoir être rentable.

d) - Modifications au niveau du programme :

La première modification réside dans le programme ECLAT crée par le Service Informatique du C.H.R.°. Ce programme a pour but de différencier les analyses qui sont réalisées sur appareil automatique, de celles dont le résultat est perforé directement sur la carte de demande et ne nécessitant aucun calcul, résultat qui peut être placé directement dans un fichier LISTA 2 en vue de son édition. L'organigramme de cette modification figure sur le tableau n° V.

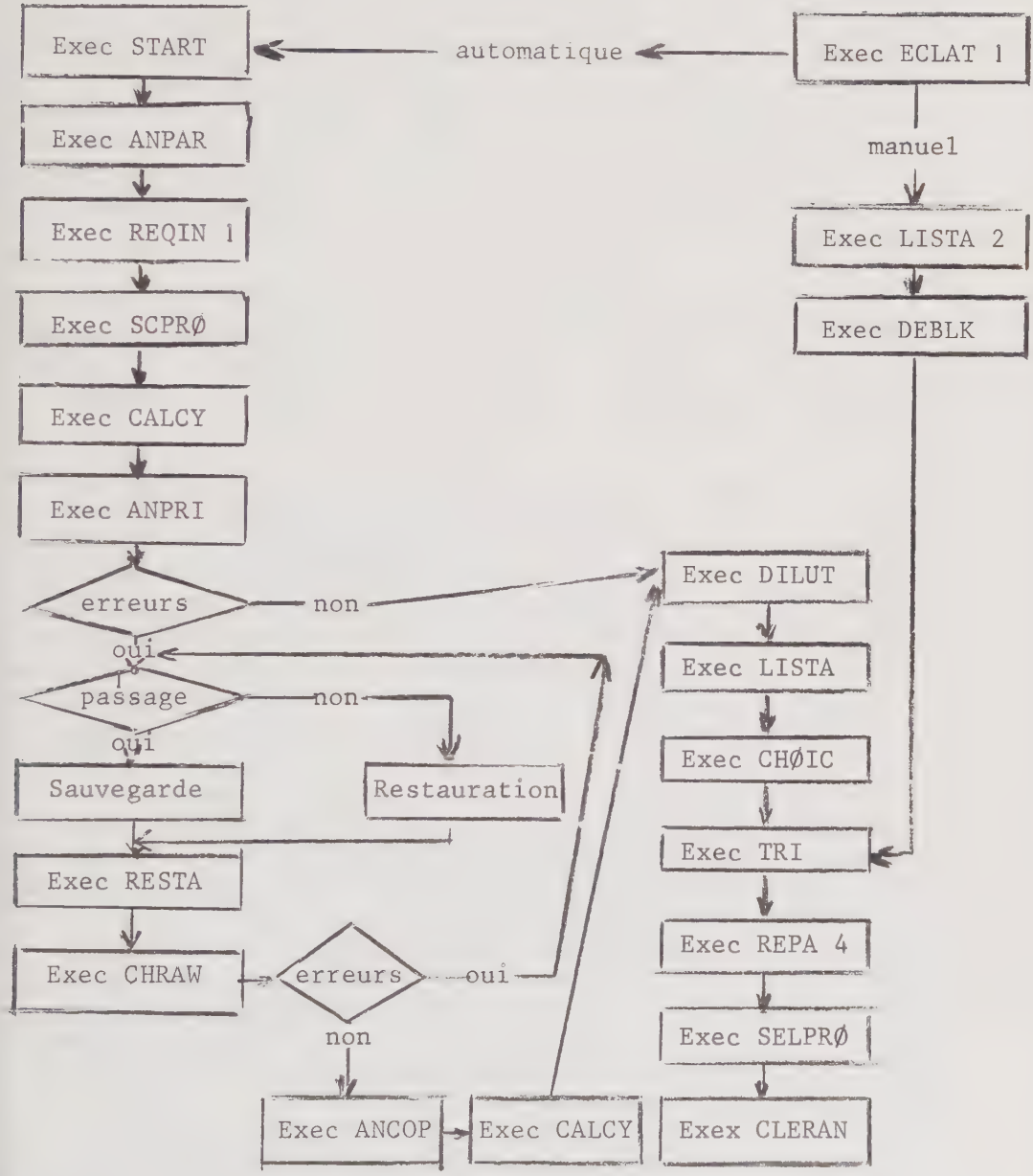
Le second point fait apparaître des modifications dans l'ordre d'enchainement des programmes. Ainsi après CALCY et le contrôle de qualité on exécute directement ANPRI qui débouche sur un test d'erreur. S'il est négatif on enchaîne DILUT ; s'il est positif on enchaîne une boucle de sécurité nommée SAUVEGARDE qui a pour but de préserver les fichiers précédemment créés et qui risqueraient d'être effacés par le programme CHRAW. Le test "premier passage" indique que dans le cas où le programme CHRAW montrerait une erreur, deuxième test d'erreurs (dans les données), la boucle rectificative arrivant au niveau du test "premier passage", celui-ci saurait alors que ce n'est pas le premier passage et enchaînerait le programme RESTAURATION, celui-ci recréerait le fichi détruit et les rectifications pourront être faites.

Après le programme SAUVEGARDE, sont effectués

° *Nous remercions le Service d'Informatique et tout particulièrement Messieurs PASCO et MAZEAU, sous la direction de Monsieur CYPRIEN, d'avoir réalisé les modifications du programme C.L.S., modifications rendues nécessaires pour une meilleure adaptation aux conditions de travail.*

TABLEAU V

ORGANIGRAMME MODIFIE DU C.L.S.



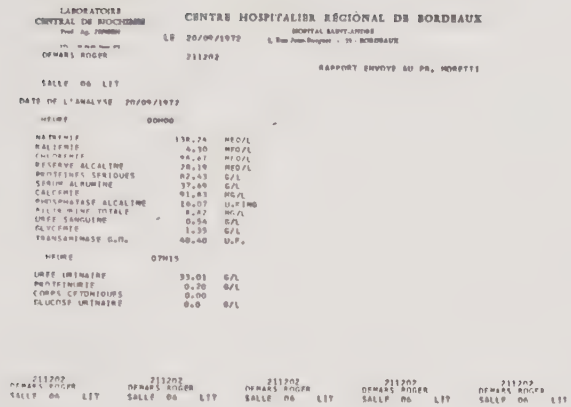
directement les programmes RESTA et CHRAW° qui débouchent sur le test d'erreur qui vient d'être décrit dans le cas positif. Dans le cas négatif sont enchaînés les programmes ANCOP et CALCY puis les programmes DILUT, LISTA, CHØIC et TRI. Le programme TRI a pour fonction de rassembler les résultats des analyses automatiques et des analyses manuelles dont le résultat a été directement perforé sur la carte. Ce programme prépare donc l'édition des résultats sur REPA 4. Les programmes SELPRØ et CLERAN ont pour but d'éditer les résultats obtenus pour les analyses de selles, d'électrophorèses et de clearances ces programmes sont pour des raisons de commodité séparés du programme C.L.S. proprement dit.

Signalons enfin que les programmes PAPRI, CAPRI et CHSEQ ont été supprimés soit parcequ'ils n'étaient que très peu utilisés, (c'est le cas du programme CHSEQ), soit parce que leurs fonctions ont été introduites dans le programme CHRAW.

e) - Modifications au niveau de l'édition :

Afin de rendre la sortie des résultats d'une manière la plus adaptée à l'utilisation des feuilles de résultats dans un service hospitalier, nous avons choisi une édition sur un papier blanc, non zoné et autocollant. Cette étiquette que nous avons représentée sur la figure n° 30 comporte les indicatifs du laboratoire. L'ordinateur imprime le nom du professeur à qui le résultat doit être transmis, puis le nom du malade ses critères d'identification (numéro, salle, lit), ainsi que la date de l'analyse. Les résultats se trouvent en regard du nombre d'analyses édités en clair. Enfin dans les cinq cases libres situées au bas de la feuille sont édités les critères d'identification du malade répétés à cinq reprises différentes. Ces étiquettes prédécoupées dans le papier peuvent être très facilement enlevées pour être placées sur un nouveau tube d'échantillon eventuellement. Cette façon de procéder permet une génération automatique d'étiquettes ainsi le bureau des entrées n'a pas besoin de renouveller le stock établi lors de l'admission du malade lorsqu'il est épuisé.

° *Il serait plus logique de faire les modifications CHRAW entre SCPRØ et CALCY, cependant la rectification est importante au niveau de la programmation, car dans CALCY se trouvent des sous programmes qui initialisent les programmes ANPRI et CHRAW. Ces modifications seront faites ultérieurement.*



LABORATOIRE
CENTRAL DE BIOCHIMIE
Prof. Ag. JENSEN

CENTRE HOSPITALIER RÉGIONAL DE BORDEAUX
HOPITAL SAINT-ANDRÉ
1, Rue Jean-Burguet - 33 - BORDEAUX

LE 20/09/1972

DEMARS ROGER 211202

RAPPORT ENVOYE AU DR. MORETTI

SALLE 06 LIT

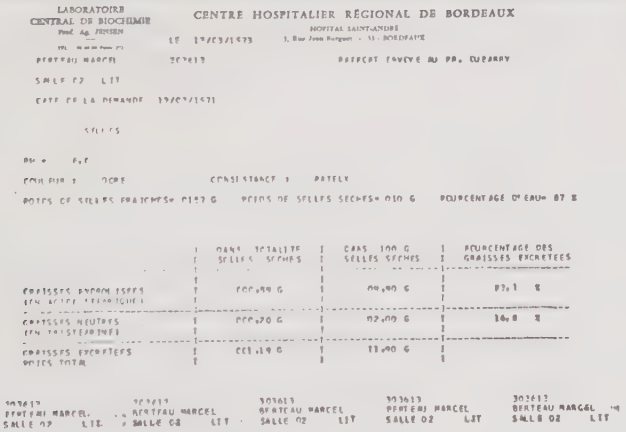
DATE DE L'ANALYSE 20/09/1972

HEURE	00H00	
NATREMIE	138.24	MEQ/L
KALIEMIE	4.30	MEQ/L
CHLOREMIE	98.07	MEQ/L
RESERVE ALCALINE	28.19	MEQ/L
PROTEINES SERIQUES	82.43	G/L
SERUM ALBUMINE	37.69	G/L
CALCEMIE	91.83	MG/L
PHOSPHATASE ALCALINE	10.07	U.F.IMB
BILIRUBINE TOTALE	8.87	MG/L
UREE SANGUINE	0.54	G/L
GLYCEMIE	1.39	G/L
TRANSAMINASE G.M.	48.40	U.F.
HEURE	07H15	
UREE URINAIRE	33.01	G/L
PROTEINURIE	0.70	G/L
CORPS CETONIQUES	0.00	
GLUCOSE URINAIRE	0.0	G/L

211202 DEMARS ROGER SALLE 06 LIT — 211202 DEMARS ROGER SALLE 06 LIT — 211202 DEMARS ROGER SALLE 06 LIT — 211202 DEMARS ROGER SALLE 06 LIT — 211202 DEMARS ROGER SALLE 06 LIT

Figure n° 30 : Edition journalière des résultats.

Une édition particulière est réalisée pour les analyses de selles et les électrophorèses. Nous avons reproduit ci-dessous une étiquette comportant les résultats d'une analyse de selles. Il s'y trouve rassemblé en language clair les différentes caractéristiques que nous avons indiquées page 93.



LABORATOIRE
CENTRE HOSPITALIER RÉGIONAL DE BORDEAUX
HOPITAL SAINT-ANDRÉ
1, Rue Jean-Burguet - 33 - BORDEAUX

LE 19/03/1973

BERTEAU MARCEL 303613

RAPPORT ENVOYE AU DR. DUPARRY

SALLE 02 LIT

DATE DE LA DEMANDE 19/03/1973

SELLES

PH = P.F

EXAMEN : ASPECT : CONSISTANCE : PATELE

POIDS DE SELLES FRAICHES= 0153 G POIDS DE SELLES SECHES= 010 G POURCENTAGE D'EAU= 87 %

	QUANTITE SELLES SECHES	DANS 100 G SELLES SECHES	POURCENTAGE DES GRAISSES EXCRETEES
GRAISSES NEUTRES (EN ACIDE STEARIQUE)	009,90 G	99,00 G	83,1 %
GRAISSES NEUTRES (EN TRISTEARINE)	009,70 G	02,00 G	16,8 %
GRAISSES EXCRETEES TOTALE	011,10 G	11,90 G	

303613 BERTEAU MARCEL SALLE 02 LIT — 303613 BERTEAU MARCEL SALLE 02 LIT — 303613 BERTEAU MARCEL SALLE 02 LIT — 303613 BERTEAU MARCEL SALLE 02 LIT

Figure n° 31 : Etiquette des analyses de selles.

En ce qui concerne les électrophorèses, l'étiquett correspondante a été reproduite sur la figure suivante :

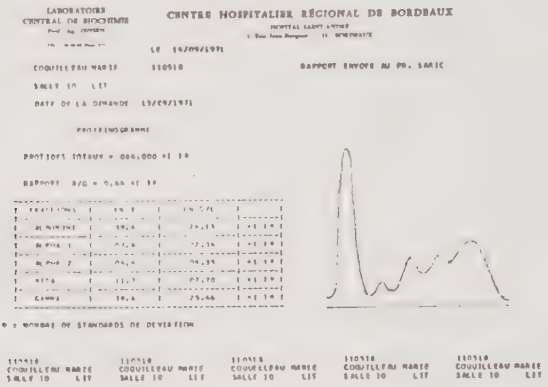


Figure n° 32 : Etiquette des électrophorèses.

Nous avons rassemblé les résultats sur la partie gauche afin de libérer la partie droite sur laquelle est décalquée la courbe électrophorétique obtenue expérimentalement.

Il est possible, mais uniquement à la demande du chef de service d'éditer un récapitulatif des analyses exécutées pour un malade durant une période déterminée. Cependant en raison de la durée des programmes nécessaires à cette édition, cette possibilité a été peu à peu abandonnée.

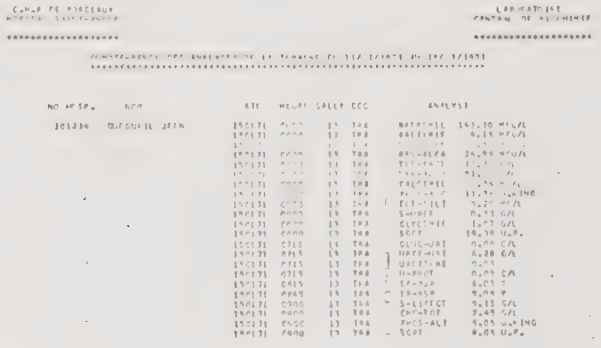


Figure n° 33 : Edition cumulative hebdomadaire.

Les différentes modifications que nous avons opérées au niveau des programmes nous ont permis un gain de temps considérable sur la durée du traitement, plus de 30 minutes actuellement sur une durée voisine de 2 heures. Cependant, il ne nous est pas encore possible de proposer une édition qui reflète exactement la demande analytique.

Ainsi pour les appareils séquentiels multiples type S.M.A., la demande d'un seul paramètre parmi les douze analyses qui sont réalisées par cet appareil, conduit à l'édition des douze résultats. Une étude est en cours afin de n'éditer que les seuls résultats qui sont demandés. Cependant, les résultats anormaux, découverts parmi les examens non demandés devraient être aussi édités. Le programme destiné à réaliser cette édition est prévu dans certains appareils automatiques très sophistiqués comme le S.M.A.C., de la firme TECHNICON. En ce qui concerne le laboratoire ce programme très compliqué ne peut être prévu pour le moment dans le cadre du C.L.S.

D - DISCUSSION

Le point délicat de ce programme est le système 1080 et il y a plusieurs raisons à cela.

a) - On ne peut faire aucun traitement informatique avant la fin des analyses. En effet il faut, nous l'avons vu, indiquer au niveau ANPAR le nombre exact d'analyses réalisées. Si d'autres analyses doivent être exécutées après, il est nécessaire de refaire un C.L.S. pratiquement aussi long.

Cette procédure amène donc le paradoxe suivant : pour que les résultats des analyses, exécutées le matin, soient à disposition du clinicien à 17 heures, il faut que tous les résultats soient terminés à 14 heures, car leur traitement informatique nécessite 3 heures. Or, certains jours, à 14 heures, il reste à faire 25 % des analyses et il est impossible d'accélérer ni les machines, ni l'ordinateur. On fait un choix en éditant les trois quart des analyses, le dernier étant édité à la main, c'est le classique recopiage manuel que l'informatique devait éviter.

b) - Le fait de ne pouvoir contrôler les résultats qu'au niveau de LISTA soit 120 minutes après le début, pour pou voir donner le feu vert à l'édition, augmente le délai de sorti des résultats. Ceci oblige le personnel affecté à ce contrôle à une présence, sans travail analytique, de près de deux heures La sortie tardive de LISTA et l'obligation de rectifier un certain nombre d'erreurs, retarde l'édition utilisable pour la con trevisite et au delà. Parfois aucune édition n'est possible le soir et les seuls résultats qui peuvent être mis à la disposition des services sont ceux des cahiers de paillasse. Dans certains cas où il devient certain que rien ne pourra sortir (structure dégradée de l'informatique) il devient possible, à condition de le savoir en temps utile, de donner des résultats bruts à l'aide d'une machine à écrire à mémoire I.B.M. 72 CM, cependant deux heures sont nécessaires.

L'analyse des erreurs observées montre que certaines ont pour origine des chiffres inexacts au niveau de ANPAR, ce sont les plus simples à réparer, car elles ne touchent que quelques analyses, le programme dure 25 minutes de plus.

Il n'en est pas de même pour les valeurs SCPRØ En effet, les valeurs digitalisées perforées par le 1080 sortent dans le désordre ce qui veut dire que si un S.M.A. 12/30 et trois chaines monocanal fonctionnant à 60 à l'heure sont connectées, 9 valeurs sont perforées par minute et l'ordre selon lequel les valeurs sont perforées peut être différent chaque minute. En effet, si deux valeurs sont prises en même temps, l'une est stockée jusqu'à ce que l'autre soit perforée. Si donc différentes valeurs du S.M.A. par exemple ne sont pas recevables, nous voulons dire par là que le sérobiogramme présente des anomalies par exemple par bouchage, les valeurs transmises au 1080 ont toujours une valeur de chiffre c'est-à-dire, correspondent bien à une position du potentiomètre de retransmission, mais il n'y a plus aucune correspondance avec l valeur réelle du résultat. Il faut donc dans ces conditions annuler un certain nombre de valeurs, mais ces annulations ne peuvent pas être réalisées au niveau des cartes résultats, cela ne peut être fait qu'après lecture et traitement par le programme que nous avons vu, par ailleurs les programmes de corrections sont obligatoirement longs et nécessitent un grand nombre de perforations. Ainsi si le phénomène se produit un certain nombre de fois au cours d'une même matinée, il devient pratiquement impossible de reprendre les résultats, le risque

d'erreurs est trop grand d'une part et d'autre part le temps nécessaire pour le faire est trop élevé.

Un autre point qu'il convient de préciser est celui d'un flash de courant. Il s'agit là d'une baisse de la tension du courant qui apparait pendant un laps de temps très court. Dans ce cas les conditions de travail du 1080 sont perturbées et certaines valeurs risquent de ne pas être prises en charge. Si l'opérateur est présent il peut faire repartir l'appareil "(reset)". En repérant sur les cartes le nombre de valeurs manquantes et le canal, il peut rectifier les cartes résultats en reperforant ces valeurs. Cependant cette opération n'est valable que si on sait avec précision ce qui s'est passé exactement et si l'on est sûr qu'il n'y a pas eu d'autre interruption de courant.

c) - Il peut sembler curieux de contrôler les résultats qui sont édités par un calculateur. C'est semble t-il une hérésie pour les informaticiens, car le calculateur lorsqu'il marche ne peut pas se tromper et lorsqu'il ne marche pas, aucun résultat ne sort.

La réalité est tout autre, l'ordinateur peut parfaitement fonctionner sans que pour autant les résultats soient corrects. Il nous a semblé important d'indiquer par quelques exemples l'origine des erreurs et le moyen d'y remédier.

1°) - Erreurs d'origine humaine :

La plupart du temps il s'agit d'erreurs de perforation, surtout au moment d'un changement de séquence soit en raison d'une contamination, soit en raison d'une dilution. Celles-ci peuvent être facilement corrigées, car l'attention du chef de laboratoire est attirée par ce type de possibilité d'erreurs, (la tâche est facilité par le fait que l'édition (dans ce cas LISTA) édite les résultats, canaux par canaux, associés au nom du malade.

2°) - Erreurs dans l'élaboration de la courbe d'étalonnage, un contrôle double a lieu :

a) - Au niveau du diagramme d'enregistrement

chaque pic devant être valable et recevable, si des modifications chimiques ont eu lieu, les hauteurs de pics ne seront pas les mêmes qu'à l'ordinaire.

b) - Au niveau du programme ANPRI où l'édition d'une part des valeurs des constantes de la courbe d'étalonnage et d'autre part la valeur de la moyenne et de l'écart type de tous les résultats obtenus sur le paramètre, peut par leurs différences attirer l'attention. Cependant, il n'est pas possible d'éditer par l'ordinateur la courbe d'étalonnage faute de lecteur de courbe.

3°) - Erreurs au niveau de l'échantillon :

Ce type d'erreur est difficilement détectable, une solution consisterait à prendre les douze valeurs d'un bilan et de les considérer comme un critère d'identification. Nous avons montré antérieurement que la fréquence d'avoir 3 paramètres anormaux est très rare. Ainsi chaque malade présente d'un jour à l'autre un sérobiogramme peu variable pour beaucoup de paramètres, (à condition de ne pas perturber son système sanguin par des perfusions ou transfusions), un test consisterait à comparer le sérobiogramme d'un malade avec celui obtenu un jour précédent.

4°) - Erreurs d'origine électronique :

Celles-ci sont beaucoup plus délicates et ont pour origine la station d'acquisition de données 1080. Il s'agit généralement de phénomènes aléatoires intéressant une série de résultats d'un malade, sans pour cela que les autres résultats soient faux. Seul le contrôle de chaque résultat de chacun des malades avec ceux approchés mais significatifs, reportés sur le cahier ou bordereau, permet une solution raisonnable. Ce contrôle est réalisé au niveau de LISTA et doit être assorti de l'obligation pour l'opérateur de ne faire l'édition des résultats qu'après le feu vert du chef de laboratoire. Il est regrettable que le pupitreur édite simultanément pour ne pas perdre de temps sur deux imprimantes, LISTA et REPA 4, et risque dans ce cas de ne pas tenir compte des modifications à l'édition. Il convient donc aussi de contrôler l'édition afin de connaître si les rectifications ont bien été apportées. Il est arrivé qu'un LISTA exact conduise à une édition des résultats de la veille!

III - CRITIQUE DU SYSTEME OPERATIONNEL

a) - Chronologie de l'installation :

Le calendrier de la mise en route a été le suivant :

-Installé au laboratoire à Pâques 1970 le matériel est devenu fonctionnel 6 mois après.

-Au mois d'octobre 1970 le système de prélèvement BECTON DICKINSON a été étendu à tout l'hôpital et l'opération a été terminée au début du mois de janvier 1971.

-Simultanément la mise en place des pochettes avec les cartes perforées et les étiquettes a débuté en octobre 1970? pendant deux mois, à titre expérimental dans un service de médecine générale, car ce dernier était de loin le plus lourd au point de vue analyses, ce service de 75 lits représentant près de 25 % de l'activité du laboratoire.

-La période de rodage terminée (janvier 1971) nous avons étendu l'informatisation à trois services supplémentaires portant à 50 % les analyses informatisées (février). Deux mois après, tout l'hôpital a été intégré et opérationnel. (avril 1971) . Depuis cette date les éditions sont devenues très normales, avec une régularité assez grande et pratiquement 80 % des résultats sortent de l'ordinateur à 17 heures. La fiabilité est telle que le bloquage complet n'a été observé qu'une fois par mois et une fois pendant 3 jours (l'ordinateur étant lui même en panne faute de ventilation!).

b) - Avantages de l'informatisation :

les avantages ont tout de suite été considérables sur le plan hospitalier et sur le plan du laboratoire.

- Avantages sur le plan hospitalier :

La mise à la disposition du personnel de méthodes de prélèvements pratiques, joint à l'utilisation de cartes perforées et d'étiquettes autocollantes a permis un gain de temps qui peut être évalué à 15 à 20 minutes par malade et par jour. On peut estimer le temps global ainsi gagné : cinq fois par semaine 400 malades subissent des prélèvements le samedi et le dimanche 100 malades seulement, soit au total 2 100 malades par semaine c'est-à-dire environ 600 heures, qui peuvent être estimées à 300 000 Francs.

- *Avantages sur le plan laboratoire :*

La situation s'est nettement améliorée car la contrainte de l'informatique y est très discrète. Le personnel a pu conserver un horaire correct, sauf le personnel surveillant qui, ayant la charge du contrôle, s'est trouvé avoir des dépassements d'horaire ; sur le plan pratique on a pu assurer une augmentation du rendement de 12 à 15 % en un an. Toutefois, dans la mesure où le choix de la sortie des résultats à 17 heures amenait l'obligation de terminer les analyses à 15 heures au plus tard, une partie du personnel devait donc commencer son travail plus tôt (7 heures 30) et une autre partie devait attendre la sortie des résultats de l'ordinateur. Ce laps de temps libre a été mis à profit pour effectuer des analyses manuelles dont les résultats étaient édités le lendemain sans inconvénients majeurs. Cependant ces avantages significatifs ont été très vite contrebalancés par les inconvénients du système.

c) - Inconvénients :

Ces inconvénients peuvent être classés en trois catégories selon leur origine.

- *La demande analytique accrue :*

Le succès de l'opération a entrainé une augmentation du nombre d'analyses demandées. Plusieurs causes peuvent être évoquées :

- Tout d'abord le fait que les résultats arrivent dans les services le jour même du prélèvement, a automatiquement augmenté la demande.
- Par ailleurs le temps de recopiage exécuté par les laborantines se trouve être regagné au profit d'un travail analytique. Ces cinq à six heures par jour nous ont permis d'ouvrir légèrement l'éventail des analyses, la plupart manuelles.

Assez rapidement le nombre d'analyses augmente dans des conditions telles qu'il ne devient plus possible de les terminer à temps pour les passer sur l'ordinateur. Comme la durée du programme C.L.S. est sensiblement le même quelque soit le nombre d'analyses, il est pratiquement impossible de tout traiter pour une sortie d'étiquettes à 17 heures. Aussi 3 options deviennent alors possibles :

- Faire un traitement partiel et éditer le reste à la main.

- Attendre que tout soit terminé et ainsi sortir les résultats vers 19 heures ou 20 heures.

- Augmenter la vitesse des analyses.

La seconde option ne nous semblait pas recevable sur le plan hospitalier, le bénéfice de recevoir les analyses à 17 heures pour la contrevisite du soir étant trop important pour en justifier le changement.

La troisième n'a pu trouver une solution que depuis peu de temps (décembre 1972), grâce à l'acquisition d'un matériel plus rapide.

C'est donc la première qui a été retenue. Elle est certes paradoxale mais en fait elle montre l'extraordinaire souplesse du système instauré au laboratoire dont le seul critère valable est la sortie des résultats à la fin de la journée.

Si nous examinons de près cette solution :

- elle résout le problème du samedi où pour diverses raisons administratives l'ordinateur ne fonctionne pas.
- elle résout le problème des analyses arrivant trop tard pour pouvoir être exploitées par l'ordinateur.
- elle résout l'édition des urgences.

Celle-ci est réalisée par une machine à cartes magnétiques I.B.M. 72 CM ; le programme enregistré sur la carte correspond exactement au dessin de sortie des étiquettes ; il suffit de taper le résultat, l'emplacement étant défini par le programme enregistré. Le texte constant est rempli automatiquement par la machine.

- *Tubes vacutainers :*

Si l'extrême facilité d'obtenir des tubes de sang avec le système BECTON DICKINSON a tout de suite été valablement interprété dans le sens d'un tube pour chaque groupe d'analyses, il s'en suit des séries considérables de tubes à centrifuger et à trier. Le nombre peut atteindre facilement 800 à 1 000 tubes. La durée de centrifugation étant au minimum de 10 minutes, certains jours, le lundi par exemple, plus

de trois heures sont nécessaires pour la centrifugation. L'utilisation de techniques nécessitant moins de sérum a permis aux cliniciens de diminuer le nombre de tubes de 30 % environ (décembre 1972).

d) - Cartes perforées :

La suppression des "bons verts", faisant double emploi avec les cartes perforées, n'a jamais été totale, il y a à cela plusieurs raisons :

1° - Les bons verts sont encore utilisés par les cliniciens pour demander des analyses différentes des analyses chimiques (biologie).

2° - Le renouvellement des cartes perforées pour un malade n'est pas réalisé à temps si le stock est épuisé. En effet les prélèvements sont effectués à six heures du matin tandis que l'informatique du bureau des entrées n'ouvre qu'à 8 heures, pour éviter un trajet du personnel à l'informatique et retour, il est plus simple de faire un bon vert!

3° - Un cas qui rejoint le précédent est celui des malades entrés après 17 heures, (heure de fermeture de l'informatique du bureau des entrées), et qui n'auront pas de jeu de cartes car il ne sera préparé que le lendemain entre 8 heures et 19 heures. Le phénomène est aggravé les lendemains des dimanches et jours de fête.

4° - Le phénomène est d'autant plus grave car dans la nuit du 31 décembre au 1er janvier, tous les malades hospitalisés cette nuit ou encore hospitalisés, changent de numéro ; donc changement complet de 800 pochettes, remarquons que cette année 1972-1973 la préparation du changement a été effectué par l'ordinateur.

De plus le programme C.L.S. exigeant une carte par analyse, il faut donc faire autant de copies des cartes que d'analyses d'où le nombre élevé de cartes à manipuler, il atteint facilement le millier.

e) - Le travail de perforation :

Si évidemment le problème de la création des pochettes de cartes ne nous incombe pas, il n'en reste pas moins

que la présence des bons verts (environ 20 à 25 % des malades chaque jour) provoque la situation suivante. Si les bons verts sont refusés au guichet, le personnel va rechercher les cartes du bureau des entrées, où la perforatrice alors surchargée de travail, fait attendre le personnel au moment où le travail au niveau des salles est le plus élevé. Cette attente engendre l'irritation et très vite le système se bloque de la manière suivante : le personnel infirmier passe d'abord au bureau des entrées, attend et récupère les cartes puis se rend au laboratoire. Cette manière d'opérer retarde de plus de 40 minutes le début des analyses et réduit à néant la possibilité que nous avions de commencer plus tôt.

Une autre solution consiste à créer la carte au laboratoire avec les informations inscrites sur le bon vert. Cette solution, de loin la plus favorable, sur tous les plans a été retenue car comme nous l'avons vu les analyses peuvent commencer avec seulement les tubes de sang et les listes de travail sont crées sans informatique. Un laps de temps de deux ou troix heures devient alors disponible pour recevoir une copie des cartes faite au bureau des entrées et ensuite en faire les reproductions. Cependant la lente augmentation des bons verts dû à un certain relâchement au niveau des services a été telle que l'on est devenu plus strict en refusant par exemple les bons pour des malades déjà hospitalisés depuis plus de 24 heures.

Là encore un phénomène nouveau a pris naissance ; si le lundi était un jour très dur 60.000 "B" par exemple, petit à petit, en raison du nombre d'entrants et des difficultés mentionnées plus haut, les analyses du lundi se sont déplacées au mardi. La conséquence en a été une augmentation possible de la durée d'hospitalisation.

De toute manière le travail de perforation est considérable, ce qui a conduit à une reconversion partielle du personnel du laboratoire qui sait et doit perforer! Remarquons enfin que le système remarquable des cartes perforées n'est pas étendu aux autres services et en particulier pour les malades venant aux consultations externes, qui sont traités de la manière traditionnelle.

f) - Programme C.L.S. :

Nous avons certes bénéficié d'un programme déjà rodé, très valable, mais n'ayant pas de personnel typiquement

informatique au laboratoire et joint au fait que le personnel informatique du Centre Hospitalier Régional, n'est pas spécialisé en matière de biochimie, il s'en est suivi un certain cloisonnement entre les deux services, séparés de plusieurs centaines de mètres, mais sans communication valable. Pour cette raison il devint nécessaire d'avoir une estafette pour porter les jeux de cartes du laboratoire à l'ordinateur et en rapporter les résultats ou le LISTING. En dehors de ces trajets, cette estafette porte les liasses de cartes du bureau des entrées dans tout l'hôpital et de ce fait elle n'est pas toujours disponible au moment où on en a besoin au laboratoire ou à l'ordinateur. Il en résulte souvent des pertes de temps considérables. Par ailleurs, la durée de ce programme ne permettant pas de faire plusieurs éditions par jour, les analyses réalisées le matin ne sont éditées que le soir. Si des services ont besoin de résultats à midi par exemple, il faut les éditer à la main.

Enfin si pour différentes raisons, beaucoup de nos tentatives de modification du C.L.S. dans le but de simplification, d'augmentation de la fiabilité et d'une meilleure présentation, n'ont pas été suivies, c'est faute de temps de libre. Il nous a semblé capital de les détailler ici.

α) - Le travail administratif :

Le travail administratif du calcul des "B" c'est à dire le calcul de la valeur en "B" des analyses effectuées pour un malade, en tenant compte de la législation actuelle de la Sécurité Sociale, (pas plus de 5 analyses par jour et par malade), calcul de la répartition des "B" par salles, puis par services, soit plus de 2 000 analyses à reclasser, est un travail considérable que l'exécution par l'ordinateur, permettrait de gagner deux heures de secrétariat sans parler de la diminution des erreurs, or ce travail n'a pas été réalisé même au début où pratiquement 95 % des analyses passaient sur ordinateur, aujourd'hui où ce chiffre atteint 75 % aucune solution n'est en vue. La situation est aggravée car l'ordinateur ne travaille pas le samedi!

β) - Programmes nouveaux :

En raison de l'absence de programmeur qualifié au laboratoire et surtout du peu de temps disponible sur l'ordinateur I.B.M. 360 il ne nous est pas possible de proposer des modifications au programme. Ainsi le problème des

courbes d'étalonnage, primordial à notre point de vue, n'a pu être testé, il en est de même pour certaines analyses nouvelles, les domaines d'intérêtes du service informatique ne sont pas toujours ceux du laboratoire.

γ) - Le manque de relation directe entre le groupe de calcul et le laboratoire, laisse ce dernier dans l'ignorance complète de l'évolution du programme. Au fond chaque jour la question reste posée, l'édition sera-t-elle faite ou non?

δ) - Enfin plus grave est le fait de ne pas étudier à froid le problème des structures dégradées, problème que nous avons exposé au Colloque de Pont à Mousson (4). Tans que des solutions valables ne seront pas trouvées, toute structure informatique échouera faute de fiabilité absolue dans ce domaine.

ε) - Le matériel :

Le C.L.S. reposait au départ sur deux appareils : un ordinateur I.B.M. 1150 et une station d'acquisition de données 1081. Le fait d'avoir choisi un ordinateur puissant I.B.M. 360/30 était séduisant car il aurait permis d'avoir à tout moment accès aux fichiers malades et de pouvoir consulter le fichier résultats. La réalité est tout autre, le laboratoire n'est relié au calculateur que par un piéton!
Par ailleurs le coût de l'heure de traitement avoisinant pratiquement le millier de francs, on conçoit toute la réticence d'effectuer tous travaux s'écartant un peu de la routine journalière. Enfin un ordinateur en multiprogrammation donne une priorité à certains travaux, c'est ainsi que le laboratoire aurait la priorité I, en fait cette priorité est relative, car ce n'est pas le chef de laboratoire qui lance le programme. Il s'en suit que les cartes de résultats arrivant à l'ordinateur avec une fluctuation de temps assez grande, l'ordinateur ne peut arrêter un programme engagé n'importe quand. Il en résulte que le laboratoire doit toujours attendre.

La solution à ces différents problèmes réside dans un petit calculateur au laboratoire, solution adoptée par la commission d'informatique du Ministère de la Santé. En effet, à ce moment là le laboratoire sera le maître de son informatique et une grande partie des ennuis que nous avons mentionnés disparaîtront.

La station d'acquisition de données 1081 était simultanément retirée de la fabrication et de la vente aux U.S.A. et en Europe au moment de sa livraison dans le service. Ceci avait pour conséquence immédiate de figer toutes les configurations 1080 sans possibilité à priori d'extension sauf dans le cas où un matériel envoyé au rebus était démontré et certains circuits réutilisés.

La configuration de cet appareil pour le laboratoire a été la suivante : 1 entrée double pour le S.M.A. 12/30 et 3 entrées simples pour les chaines monocanal.

Dès la première année il devint évident qu'il fallait disposer de 2 entrées monocanal simples supplémentaires. Il n'a été possible de les montrer que grâce à des pièces provenant d'un autre 1080 non utilisé en entier.

A partir d'octobre 1972 la mise en place d'un second S.M.A. au laboratoire nous a obligés à mettre en place une nouvelle entrée double pour S.M.A., matériel provenant d'un autre 1080 à la casse!

Cet appareil assez ancien dans sa conception permet théoriquement une configuration assez lourde, 2 entrées doubles pour chaines S.M.A. et 8 entrées simples. Cependant sa fiabilité est faible, nous voulons dire par là qu'il n'est absolument pas protégé contre les interruptions brutales du courant. Dans ces conditions certaines valeurs peuvent ne pas être prises dans de bonnes conditions comme nous l'avons déjà vu, de sorte que des erreurs en chaine peuvent se produire. Par ailleurs il n'est pas adaptable simplement aux appareils de laboratoire. La présence d'un électronicien est indispensable pour en assurer correctement les connections. Un point délicat réside dans le fait que cet appareil est placé dans un local à part, souvent un peu éloigné des appareils eux mêmes, ainsi les différents signaux indiquant des modifications dans l'analyse elle même ne sont pas transmis et interprétés correctement.

Il en est de même lorsque cet appareil n'est pas en état de fonctionnement correct (flash de courant), les différents postes de travail n'en sont pas informés et les analyses sont exécutées sans pour autant que les valeurs soient enregistrées.

Enfin le fait d'avoir une perforatrice connectée est une source d'ennuis, car en travail continu il peut y avoir des bourrages de cartes et des valeurs peuvent être perforées de façon inexacte ou perdues.

En fait, le défaut le plus grave de cet appareil est d'être incontrôlable. Les valeurs sortent sur des cartes perforées page 83, dont la lecture est difficile et le repérage d'une valeur ne peut être fait que par le décomptage, depuis le début de toutes les valeurs du canal, afin d'en sélectionner la N ième. Cette valeur est de plus sous forme digitalisée, c'est à dire qu'elle doit être comparée à une abaque si l'on désire immédiatement sa valeur réelle en grammes/litre. Ceci a donc les conséquences suivantes :

- les valeurs urgentes ne peuvent être décodées facilement.
- Le rattrapage des valeurs manquantes est possible une fois, mais pas plus (il devient donc impossible d'avoir une sortie informatique lorsqu'un appareil S.M.A. est plusieurs fois arrêté pour bouchage dans la matinée).
- Enfin il faut un traitement par ordinateur pour que les cartes soient lues, et attendre que le programme soit passé pour connaître si les valeurs sortant du 1080 sont recevables ou non. Ainsi si nous avons des séries de valeurs fausses insérées dans des valeurs exactes, il est très difficile de le déceler si ce n'est par un contrôle complet des valeurs, contrôle qui ne peut être effectué au niveau des valeurs brutes, mais au niveau des résultats élaborés.

Une remarque à propos de l'identificateur d'échantillon T 40 et son module de lecture prévu par le C.L.S. : nous avons écarté ce type d'appareil car il amenait à notre avis une source supplémentaire d'ennuis et rendait les cartes d'édition du 1080 encore plus délicates à lire.

DISCUSSION

La configuration adoptée en 1969 et mise en place en 1971, s'est avérée être d'un très grand intérêt sur le plan hospitalier, à tel point qu'il devient impensable de revenir en arrière sans augmenter le personnel de manière considérable. L'intérêt est grand également au point de vue laboratoire puisque dans ces conditions le problème du secrétariat a été résolu pour une part importante 60 % environ et que nous avons pu répondre à une augmentation de 30 % de la demande analytique (entre 1969 et 1972).

Cependant il semble que notre expérience opérationnelle de deux années, nous amène à des conclusions brutales qui sont les suivantes :

- 1° L'appareillage 1080 est inadapté à un laboratoire comportant plus de 1 S.M.A. et 3 chaines monocanal, bien que nous le conseillerons à un laboratoire débutant dans l'informatique car il permettrait de revoir beaucoup de systèmes analytiques qui convenables apparemment ne seraient pas recevables par l'ordinateur.

- 2° Le software C.L.S. s'avère être très lourd à l'usage. Cependant, là encore, il ne faut pas minimiser son intérêt car il faut reconnaître que grâce à lui le système bordelais a été opérationnel après à peine 6 mois de rodage sur I.B.M. 360, et par ailleurs son coût relativement à sa dimension a été très faible. Là encore cette procédure serait à conseiller à des laboratoires débutant dans l'informatique, car c'est un système sans aléa et notre expérience en ce domaine nous a permis d'aider ou de former des équipes dans d'autres laboratoires.

- 3° Le coût global de cette informatisation si l'on se réfère aux quelques chiffres que certains laboratoires ont le courage d'annoncer, se révèle être un des plus faible peut être et surtout en raison de la modicité du prix du C.L.S.. Nous pouvons estimer à 10.000 francs la location mensuelle du matériel, le traitement sur machine à 30.000 francs par mois. Très certainement ce dernier chiffre doit être diminué. En effet dans la configuration choisie nous n'avions pas connaissance de la longueur du traitement, ce programme avait été conçu pour un ordinateur au laboratoire le I.B.M. 1150 et n'avait été transcrit sur I.B.M. 360 par le Professeur SCHNEIDER et son équipe, que pour notre usage. Si nous avons par certains essais diminué la longueur du programme de 25 %, l'augmentation du travail du laboratoire a éliminé cet avantage.

CONCLUSIONS DU CHAPITRE III

Au cours de ce chapitre nous avons développé le système informatique appliqué au laboratoire central de biochimie de l'hôpital Saint-ANDRE. Dans une introduction au programme C.L.S. (Clinical Laboratory System) nous avons présenté le système d'acquisition de données 1081 I.B.M. qui n'est en réalité qu'un convertisseur analogique digital.

Nous avons montré que l'organisation du travail du laboratoire n'est guère modifiée par la présence de l'informatique ; en effet grâce à un porte-cartes original, les listes de travail ne sont crées, que lorsque le travail est terminé. Nous avons ensuite décrit les différentes caractéristiques des analyses de sang, d'urines et de selles ainsi que les électrophorèses.

Enfin la description du poste de perforation indispensable au laboratoire termine cette première partie.

Dans la seconde partie de ce chapitre nous avons décrit le SOFTWARE du C.L.S., indiqué les différentes modifications que nous lui avons apportées afin de le rendre plus performant et nous en avons discuté les avantages.

La critique du système a été abordée en fin de ce chapitre. Nous avons montré que le matériel I.B.M. 1080 n'était pas adapté aux impératifs du laboratoire et que la solution résidait dans la mise à la disposition des laboratoires d'un miniordinateur permettant de réaliser en temps réel tous les calculs nécessaires à la détermination d'une concentration. A ce minicalculateur devrait être adjoint une mémoire à accès rapide (disques) de taille suffisamment importante.

° ° °

T R O I S I E M E P A R T I E

PERSPECTIVES D'AVENIR

I N T R O D U C T I O N

Si nous analysons la situation telle que nous l'avons décrite précédemment, on remarque que le centre du problème est celui de la station d'acquisition de données I.B.M. 1080.

Si l'on admet que cet appareil ne réalise qu'une seule opération, c'est-à-dire la prise de la valeur maximale de la tension (ou pourcentage de transmission) d'un photomètre dans une fenêtre de lecture et sa digitalisation, on conçoit simplement que ce système soit sujet à caution. En effet il faut, pour que la réponse soit juste, que la fenêtre de lecture s'ouvre au bon moment c'est-à-dire que nous ayons alors un plateau ou un pic de la réaction. La hauteur du plateau ou du pic est analogique donc directement interprétable. A partir du moment où elle est digitalisée, elle ne l'est plus tout aussi facilement, sauf si le traitement par une machine à calculer est effectué immédiatement après.

On conçoit donc que nous ayons très rapidement proposé la configuration décrite dans l'algorithme suivant :

Les valeurs analogiques provenant des différents appareils de mesures sont digitalisées, chaque valeur est comparée à une courbe d'étalonnage le résultat est ensuite exprimé en grammes par litre. Autrement dit, au lieu d'éditer au laboratoire des valeurs en digits correspondant aux analyses, ce sont les valeurs exactes qui sont éditées.

Il n'y a alors qu'à réaliser une gestion sur un gros ordinateur central. Cette configuration est possible en raison de la relative lenteur de la sortie des résultats des appareils d'analyse par rapport à la vitesse de calcul de l'ordinateur. (Dans la configuration actuelle près de 30 résultats par minute, un toutes les deux secondes, tandis qu'il faut 1/1000 de seconde pour effectuer une multiplication!). Aussi l'intérêt est d'avoir un calculateur constamment on-line mais nous avons vu page 15 que ce type de configuration était l'un des plus onéreux. En fait la solution réside dans des ordinateurs de petite dimension, c'est-à-dire des calculateurs ou miniordinateurs de prix modéré, qui sont capables d'effectuer les opérations de calcul dans l'intervalle de deux mesures! Nous en décrirons le schéma général.

SCHEMA D'UNE ORGANISATION FUTURE DU LABORATOIRE

1°) - L'acquisition des données :

Au lieu de relier tous les appareils à une même unité de mesure, ce qui oblige pour chaque appareil de réaliser la détection du pic et sa mesure, il est préférable de suivre constamment par le calculateur la courbe de réponse (scrutation de la courbe).
Dans ces conditions un dispositif électronique dit processeur interroge successivement chacun des appareils analytiques et dans un ordre cyclique déterminé. Cette boucle pourrait être décrite par exemple de 10 à 100 fois par seconde. Chaque valeur ainsi scrutée est transformée en digits et éventuellement conservée dans une mémoire à accès rapide.

2°) - Le calculateur :

Au cours de la boucle les valeurs digitalisées sont traitées par un programme de calcul dans le but de détecter un plateau ou un pic, figure n° 34 et cela dans l'intervalle de deux mesures. (Pour les S.M.A. le plateau dure cinq secondes, pour les monocanaux on a un pic par minute). Par ailleurs il doit détecter certaines anomalies pouvant simuler un pic (bulles) et cela par un simple calcul de la dérivée première ou seconde et par un contrôle du temps s'écoulant entre les deux ou trois mesures précédentes.

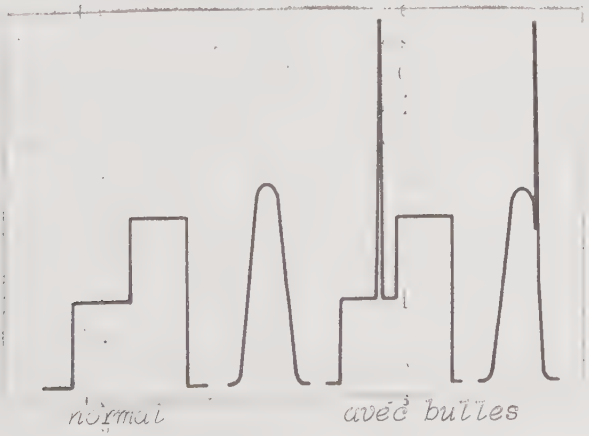


Figure n° 34 : Enregistrement normal et parasité.

La valeur du pic ou du plateau détecté est aussitôt traitée par un programme de calcul analogue au programme CALCY déjà vu en page 103, les valeurs sont ensuite stockées dans l'ordre, dans une mémoire à accès rapide ; une télétype permet à tout moment la sortie séquentielle des résultats canal après canal sans difficulté. Il est bien évident que cet organigramme ne peut fonctionner que par l'utilisation d'une mémoire à disques car sans cela il n'est pas possible d'avoir une taille mémoire du calculateur suffisante pour les programmes et les résultats.

Le laboratoire pourra donc directement intervenir au niveau de la validation des courbes d'étalonnage, et valider les résultats au fur et à mesure de leur sortie. L'avantage est, cette fois, considérable.

Une approche de cette solution est réalisée par un certain nombre d'appareils d'analyses, par exemple :

- l'appareil Autochemist°, réalise à la fois les analyses sur 20 paramètres et traite les résultats obtenus à l'aide d'un calculateur qui assure la direction (le monitoring) de l'ensemble.

- La firme TECHNICON, a présenté à New York le S.M.A.C.°° qui n'est en réalité qu'un analyseur très complet conduit par un calculateur assez sophistiqué.

Cependant il faut à notre avis disposer d'une acquisition de données séparée du traitement proprement dit des résultats. En effet, faire tout dans la foulée risque de provoquer assez rapidement une situation inextricable en cas de structure dégradée. En effet, une anomalie simple ou complexe survenant sur l'analyseur, conduit à un résultat erroné certes, mais utilisable par le calculateur, d'où la nécessité de contrôler et le cas échéant de refaire l'analyse ou le traitement, ou les deux.

Il est souvent plus simple de séparer l'acquisition de données du traitement, car il est toujours possible de refaire l'analyse ou encore d'entrer directement les

° *AUTOCHEMIST, Autochem instrument A.B.,LINDINGØ, Suède.*

°° *S.M.A.C. Sequential Multiple Analyzer Computer. TECHNICON Corporation, TARRYTOWN, N.Y. (U.S.A.).*

valeurs dans l'ordinateur du laboratoire. Quelquefois certains auteurs ont abandonné l'acquisition automatique des valeurs jugée par eux trop aléatoire ou trop couteuse, TIZZANI (8) au profit du traitement des données ou de la gestion des résultats. WILD (7). C'est semble t-il la solution d'avenir, les fabriquants d'appareils livrent de plus en plus du matériel construit avec des éléments de circuits imprimés permettant la sortie de résultats en clair ou codés qui peuvent être utilisés ultérieurement sur le calculateur.

Aussi la présence d'un miniordinateur type MITRA 15, TELEMECANIQUE T 1600, INTERTECHNIQUE 20 ou encore les I.B.M. 7 ou 3, devra s'imposer de plus en plus et assurer l'autonomie du laboratoire central vis à vis de l'informatique du gros ordinateur. Bien évidemment ces structures informatiques devront obligatoirement être accompagnées d'une mémoire à disques assez considérable et des connections nécessaires à une configuration de téléprocessing vis à vis d'un gros ordinateur de gestion.

3°) - Le software :

Par ailleurs l'indépendance informatique au laboratoire vis à vis de l'ordinateur de gestion doit s'accompagner d'une aide au point de vue software dans l'élaboration et surtout la maintenance ou la modification des programmes selon les besoins. C'est semble t-il le point le plus délicat. En effet, beaucoup de chefs de laboratoire dirigent avec une rare compétence un laboratoire, améliorant ou créant avec leur équipe les techniques analytiques, mais dès qu'il s'agit d'informatique ils estiment que cela n'est pas de leur domaine. Ils sont alors dirigés par des informaticiens, certes très capables en leur domaine, mais ils n'ont que très peu de connaissances en biochimie, bien que souvent les "analyses" qu'ils font soient extrêmement justes. En fait, il peut s'agir là d'un conflit de pouvoir dont les discordances sont toujours supportées par les malades. Certes, il faudrait avoir une double compétance informatique et biochimique, c'est rare mais absolument nécessaire.

Fort heureusement et de plus en plus les enseignements d'informatique médicale se font jour et vont palier à cette lacune dans quelques années. Cependant d'ici là nous demeuront persuadés que la solution la plus humaine est d'avoir au laboratoire une équipe informatique, de haut

niveau, intégrée[c] dans le laboratoire et uniquement pour lui tant pour la bonne compréhension du service que pour les relations avec les services centraux d'informatique. Si toute l'argumentation nous mène à cette conclusion, il reste un dernier point pour lequel cela est indispensable, il s'agit des structures dégradées.

4°) - Les structures dégradées :

Sous ces termes il faut entendre la situation où se trouve le laboratoire dans le cas où pour n'importe quelle raison, volontaire ou non, le processus logique, conduisant de l'échantillon au résultat, se trouve interrompu. En soit le phénomène n'a rien de très exceptionnel et très rares sont les laboratoires n'ayant jamais eu de "pépins", le chef de laboratoire par sa compétence et son talent étant à même de redresser la situation. Ce qui est exceptionnel c'est l'analyse d'une telle situation. En fait ce n'est pas que l'analyse en soit difficile, mais les motivations pour le faire sont généralement absentes.

En effet le monde moderne est tel que l'achat d'un matériel implique de facto qu'il est indestructible et qu'il ne tombera jamais en panne. Essayer de concevoir qu'un appareil peut tomber en panne et ce qu'il va apporter comme perturbations est très rare, à tel point que l'on recherche seulement le service après vente, sans se soucier (pas trop de l'ennui d'avoir un appareil à l'arrêt.

Dans un laboratoire la situation est tout autre en effet dans un laboratoire ayant beaucoup de personnel et peu de matériel, une structure dégradée pouvait être le fait d'un appareil en panne ou de la maladie d'une laborantine. L'analyse de la situation aboutit très facilement à une solution celle de faire l'analyse à la main d'une autre manière ou de remplacer la laborantine.

Ces solutions dites "système D" ne peuvent plus s'appliquer à un laboratoire informatisé et cela pour deux raisons essentielles :

- Le rendement d'une laborantine dans un laboratoire automatisé atteignant cinq fois au moins celui d'une laborantine classique, a conduit les laboratoires à diminuer le nombre de ses laborantines pour un même chiffre d'affaire.

[c] *Très certainement ce sont des postes à créer dans les C.H.R.*

Nous avons, page 8, présenté le fait qu'on pouvait atteindre 1 000 000 B par laborantine. Si la maladie oblige l'une d'elles à quitter le service aucun "système D" ne pourra remplacer son travail.

- L'informatisation est une suite rigoureuse de faits toujours identiques à eux-mêmes ne différant que par un aspect quantitatif, aussi toutes modifications de méthode ou de méthodologie conduit à un refus de l'ordinateur de s'accomoder de la situation nouvelle ainsi crée, sauf dans le cas où cette situation a été prévue et codifiée. De plus l'ordinateur lui même n'est qu'un appareil comme les autres, il peut aussi se dégrader et amener ses propres perturbations. D'où l'importance de l'étude préalable des structures dégradées.

Nous envisageons un certain nombre de structures dégradées dont l'importance est croissante et les quelques solutions que nous avons pu y apporter.

a) - La fiabilité :

La fiabilité, terme technique, a pour sens le degré de confiance que l'on peut accorder à un instrument ou un matériel complexe. C'est exactement le terme qu'il faut adopter lorsqu'il s'agit d'un chef de laboratoire car il faut bien admettre qu'il n'existe aucun texte administratif autorisant un chef de laboratoire à se tromper. S'il est donc fiable à 100 %, son matériel ou ses collaborateurs doivent l'être aussi à 100 %.

Si cela presque possible pour l'homme, il s'agit d'un mythe pour le matériel. L'arme absolue qui consisterait à doubler le nombre des appareils pour palier à une insuffisance de l'un des deux est peut être appliqué à une voiture (double circuit de freinage) ou une fusée mais devient impossible dans un laboratoire. JENSEN relate qu'il a vu un laboratoire hospitalier bloqué par la panne de ses deux ordinateurs. Aussi afin de pouvoir mettre en place, le moment venu, les dispositions indispensables au bon fonctionnement du laboratoire dans l'éventualité d'un incident arrêtant pour un temps plus ou moins long, une partie plus ou moins grande des chaînes analytiques y compris le traitement de l'information, il est nécessaire d'analyser les conséquences les plus probables qui découlent de l'arrêt ou du fonctionnement aberrant des machines.

Nous n'étudierons pas ici les moyens de dépanner tel ou tel appareil bien que cela soit bien évidemment la meilleure façon de remettre en ordre une structure dégradée ; mais cette question qui peut être résolue d'une manière simple parfois par la présence au laboratoire d'un électronicien qualifié, peut apporter des perturbations considérables si la durée de la "panne" est suffisamment longue pour empêcher que les résultats des analyses puissent être transmis en clair au malade dans un délai raisonnable et compatible avec son état de santé.

De plus il n'est pas toujours possible de refaire une analyse dans le cas où un incident a empêché la lecture d'un résultat car le volume nécessaire pour la recommencer risque d'être insuffisant.

Nous entendrons comme solutions à une structure dégradée celles à prévoir et à mettre en place pour que les analyses puissent être transmises aux malades quelque soit la dégradation des structures du laboratoire. Nous verrons donc successivement certains cas de dégradation, les solutions que nous avons pu y trouver ou que nous désirerions y apporter.

b) - La dépendance vis à vis du courant électrique

Si l'arrêt brutal du courant électrique amène un arrêt complet du laboratoire, ce qui est relativement rare, et paradoxalement les solutions ne manquent pas ; en effet la biochimiste pourra toujours utiliser certaines réactions manuelles qui étant peut être lentes, permettront toujours de donner les résultats urgents.

Plus délicates sont les variations brutales et courtes du courant. En effet l'évolution rapide de la tension du courant (flash de courant) pendant un temps très court peut avoir des conséquences souvent très graves sur le plan de l'acquisition des données. En effet, si les analyseurs supportent sans dommage un flash de courant en raison de leur relative lenteur et continuent les analyses sans encombre, en revanche, le calculateur peut très bien s'arrêter et reprendre le calcul là où il l'a laissé. Si dans l'intervalle une mesure était nécessaire, l'acquisition ne pourra être faite et une ou plusieurs valeurs risquent alors d'être perdues.

On conçoit donc que dans une série séquentielle, un flash de courant puisse conduire à la perte d'une valeur en provoquant le décalage des autres. Ainsi dans la série suivante : 1, 2, 3, 4, 5... si la valeur 3 est perdue c'est la quatrième qui deviendra la troisième et ainsi de suite et l'on aura la séquence de valeurs suivante : 1, 2, 3, 4, 5.... Mais comme ces valeurs ne sont identifiées que par leur position relative aux valeurs précédentes, la confusion risque d'être considérable. Une solution relativement simple permet d'éviter les flash de courant : il suffit d'intercaler entre la source de courant et les appareils un système tampon, moteur dynamo, dont l'inertie absorbera les fluctuations rapides de courant. Cependant c'est une solution onéreuse.

c) Dégradation du matériel informatique :

Tout matériel informatique est constitué de matériel purement électronique dont la fiabilité est très grande à partir d'un certain temps de vieillissement et d'un matériel à prédominance mécanique dont la fiabilité est aléatoire et dont les pannes peuvent arriver à n'importe quel moment (matériel neuf ou usagé).

Cependant ce type de matériel est extrêmement pratique et indispensable. Mais la liaison entre un ou plusieurs appareils analytiques et une station d'acquisition de données conduisant à la perforation de cartes est souvent l'occasion de structures dégradées provoquant des anomalies graves dans le fonctionnement du système. En effet, le bourrage de cartes sur la perforatrice dû à une carte déformée empêche les différentes informations provenant de la station d'acquisition de données d'être perforées correctement ; or les analyses continuent à se dérouler sur les appareils. Même si on arrêtait le préleveur d'échantillons, il y a en moyenne 6 à 8 analyses en cours dans les circuits et il n'est pas souhaitable ni de les arrêter, ni de les refaire faute d'un volume suffisant d'échantillon. Pratiquement ce genre d'ennui est relativement courant, une fois par mois en moyenne, et il est assez difficile de trouver la solution idéale.

Dans un premier stade on devrait éliminer la jonction directe des appareils analytiques sur une perforatrice. Il serait en effet préférable d'enregistrer les valeurs sur une mémoire à accès rapide (disques) et perforer si cela est nécessaire, les valeurs de cette mémoire.

Un ennui sur la perforatrice n'affecterait pas les valeurs et le travail de perforation pourrait être repris au bon endroit dès que la panne est réparée.

Une solution préférable pourrait être la suivante : le signal analogique provenant des appareils de mesures serait enregistré sur un magnétophone type minicassette à une vitesse relativement lente. Cet appareil fonctionnant sur piles serait donc autonomme. Une fois le travail terminé qu'il y ait eu des pannes ou non ; tout ou partie de la bande serait lue mais à une vitesse beaucoup plus rapide (de 10 à 50 fois) et les valeurs analogiques pourraient alors être prises en compte par un convertisseur analogique digital et traitées en quelques minutes.

L'avantage serait alors considérable car le traitement des analyses pourrait être fait dans le cas d'un incident mécanique mais aussi dans le cas où la dégradation atteindrait l'informatique elle-même. Il ne serait pas alors utile de refaire les analyses et de plus la vitesse du traitement serait tel que cela n'apporterait qu'un retard négligeable pour une sortie normale des résultats. Signalons qu'une firme (INFOTRONICS) a proposé ce type de matériel pour le traitement des chromatogrammes d'aminoacides. Il n'est pas exclu de penser que ce type de matériel pourrait être utilisé lorsqu'il devient nécessaire d'arrêter l'ordinateur un jour ouvrable pour des raisons de maintenance, sans pour autant bloquer complètement l'activité du laboratoire. Par ailleurs, les problèmes du samedi, des gardes et jours de fêtes pourraient être résolus de la même façon et assurer une continuité informatique qui serait très prisée pour la gestion des "B" par exemple.

Une dégradation beaucoup plus difficile a observer mais dont les conséquences sont tout aussi importantes, réside dans une défectuosité du matériel électronique, n'entrainant pas l'arrêt de la machine mais provoquant par exemple une acquisition erronée d'une valeur expérimentale, elle-même juste par ailleurs. Ce type de structure dégradée est extrêmement vicieux car il s'agit d'un phénomène le plus souvent aléatoire dont l'origine est très difficile à détecter car les mauvais résultats se trouvent mêlés à une série de résultats justes. Il peut s'agir de plaquettes de circuits imprimés défectueuses (switch bloqué).

Là encore les solutions sont difficiles, elles

résident le plus souvent à vérifier le travail de l'ordinateur. Une nouvelle fois la méthode de la minicassette permettrait de tester la maintenance du système, c'est le principe même de la simulation ; remarquons toutefois que ce type de dégradation s'est produit rarement en deux ans!

L'ordinateur en panne, c'est le stade ultime mais il n'est pas si rare que cela si l'on veut bien admettre par exemple que la panne peut être volontaire (au C.H.R. l'ordinateur ne travaille pas le samedi matin) ou bien que pour des raisons de maintenance on est obligé d'arrêter pendant un certain nombre d'heures le matériel informatique. Dans ces conditions la situation se présente ainsi : les analyses sont terminées mais elles ne peuvent être éditées. Si le choix du calculateur s'est porté sur un appareil que d'autres collègues utilisent, il sera toujours possible de traiter les résultats car les languages informatiques seront compatibles. Ou bien, si un procédé de téléprocessing a été prévu, on pourra être connecté à une société de traitement. Sinon il faudra se résoudre à éditer à la main, mais dans ce cas il est nécessaire de prévoir par exemple, uniquement le bordereau à remplir. On pourrait aussi utiliser une machine comptable ou une machine à écrire I.B.M. à mémoire.

Cependant, il ne faut pas oublier que dans ce cas de structures dégradées, ce type d'édition n'est pas mémorisé il faudra donc prévoir une procédure pour pouvoir introduire dans l'ordinateur les éléments manquants, la solution par minicassette semble encore extrêmement séduisante.

CONCLUSIONS DE LA TROISIEME PARTIE

Dans cette dernière partie nous avons envisagé quelle devait être la configuration future du laboratoire. Nous avons schématisé le module d'acquisition de données, les caractéristiques du calculateur et la nécessité de prévoir une équipe de biologistes informaticiens au laboratoire.

Nous avons enfin mis en évidence que toute structure informatisée dans un laboratoire de biochimie hospitalière devait s'accompagner d'une étude approfondie des structures dégradées dont nous avons montré comment il était possible d'aborder le problème et discuté un certain nombre de solutions.

° ° °

CONCLUSIONS GENERALES

L'informatisation des laboratoires d'analyses médicales semble être devenue l'objectif principal de tout chef de laboratoire soucieux de résoudre le double problème de l'augmentation du nombre d'analyses et de la relative faiblesse du personnel pour les exécuter.

Notre étude porte sur l'informatisation du laboratoire central de biochimie de l'Hôpital Saint-ANDRE à BORDEAUX. Nous avons relaté les différentes étapes de cette informatisation et critiqué les résultats obtenus.

Dans une première partie, nous avons fait une synthèse des diverses réalisations mondiales et montré que toute informatisation doit obligatoirement passer par l'analyse aussi complète que possible de la situation.

Dans une deuxième partie, nous avons étudié les différentes étapes qui ont jalonné l'informatisation du laboratoire central de biochimie de l'Hôpital Saint-ANDRE.

Dans un premier chapitre, nous avons abordé l'analyse de la configuration du laboratoire telle qu'elle se présentait au moment où l'informatisation a été décidée. Nous avons rapporté l'étude des conditions de la demande analytique tant au point de vue administratif (bon vert) qu'au point de vue des services. Le problème des analyses elles-mêmes a été abordé en ce qui concerne leur organisation propre en fonction du matériel utilisé (autoanalyseurs S.M.A. et TECHNICON de première génération). Nous avons ainsi pu montrer que dans tous les cas une augmentation de la cadence analytique conduisait à un blocage du processus au niveau du secrétariat.

Dans le second chapitre, nous avons rapporté les solutions que nous avons données aux différents problèmes analysés au chapitre I.

- Solution aux prélèvements par l'emploi d'un matériel à jeter type vacutainer BECTON DICKINSON.
- Solution aux demandes analytiques par le remplacement du classique "bon vert" par une série de cartes perforées (six types de cartes) dont les critères d'identification ont été préperforés au bureau des entrées, il suffit de cocher une case sur cette carte pour demander une analyse
- Solution aux choix du matériel informatique et du software.

Dans le chapitre trois nous avons, dans une première partie, décrit le système informatique utilisé au laboratoire de l'Hôpital. Ce système, à la différence du système original suédois (C.L.S.) ne comporte pas d'ordinateur au laboratoire, mais utilise l'ordinateur I.B.M. 360, du Centre Hospitalier Régional auquel on doit apporter à pied! les cartes perforées et en ramener les éditions. Ce système comporte aussi une station d'acquisition de données 1081. Les identificateurs d'échantillons T 40 ont été écartés.

Nous avons montré que l'organisation du travail au laboratoire n'est guère modifiée par la présence de l'informatique ; en effet grâce à un porte-cartes original, les listes de travail ne sont crées que lorsque le travail est terminé. Nous avons ensuite décrit les différentes caractéristiques des analyses de sang, d'urines et de selles ainsi que les électrophorèses. Enfin la description du poste de perforation indispensable au laboratoire termine cette première partie.

Dans la seconde partie de ce chapitre nous avons décrit le SOFTWARE du C.L.S. et indiqué les différentes modifications que nous lui avons apportées afin de le rendre plus performant et nous en avons discuté les avantages.

La critique du système a été abordée en fin de ce chapitre. Nous avons montré que le matériel I.B.M. 1080 n'était pas adapté aux impératifs du laboratoire, que la solution résidait dans la mise à la disposition des laboratoires d'un miniordinateur permettant de réaliser en temps réel tous les calculs nécessaires à la détermination d'une

concentration et que ce minicalculateur devrait être adjoint à une mémoire à accès rapide (disques) de taille suffisamment importante.

Dans la troisième partie nous avons abordé le problème de la future configuration du laboratoire et montré que toute informatisation complète d'un laboratoire de biochimie ne pouvait devenir opérationnelle qu'en passant par l'étude des structures dégradées.

° ° °

B I B L I O G R A P H I E

OUVRAGES GENERAUX

- C.L.S. : - Data processing system for clinical chemistry laboratories. Program description. Uppsala University Hospital - Uppsala University Data Center. Edit. : International medical support center. STOCKHOLM - SUEDE.

- LLOYD JOHNSON J. - Clinical Laboratory Computer Systems. A comprehension evaluation. 1 volume, J. LLOYD JOHNSON associates. Edit. 1971.

- MC LACHLAN G., SHEGOG R.A. - Computers in the service of medecine. 2 volumes, Oxford, U.P.. Edit. 1969.

- ROBINSON R. - Clinical chemistry and automation : a study in laboratory proficiency. 1 volume, Griffin. Edit. 1971.

R E F E R E N C E S

1 - COLOMBIE R. - La méthode des analyses séquentielles, son intérêt en clinique hospitalière. Thèse doctorat médecine. Bordeaux - 1966. Purray-Print, édit. Paris.

2 - GUILLAUMOT R. - La contribution médicale de l'analyse multiple. (Service promotion de la Compagnie Technicon en collaboration avec les éditions J.S.A.). 68, Rue St Sabin - Paris - 1969.

3 - JENSEN R. - Communication personnelle.

4 - JENSEN R., BUFFANGEIX D. - La fiabilité de l'ordinateur et le laboratoire. Etude des structures dégradées. Colloque sur l'automatisation et biologie prospective. Pont-à-Mousson. 1972. Sous presse.

5 - JENSEN R., LABADIE M. - Les analyses multiples simultanées I - Le S.M.A. 12. An. Biol. Clin. 1968, 26, 957-963.

6 - MERLAND R., JENSEN R., BUFFANGEIX D. - Edition par l'ordinateur des analyses des selles. Bull. Soc. Phar. Sous presse.

7 - TIZZANI R.J. - La gestion des laboratoires de biologie médicale. Description et évolution. Colloque sur automatisation et biologie prospective. Pont-à-Mousson, 1972. Sous presse.

8 - WILD P. - Gestion intégrée d'un laboratoire d'analyses médicales par l'ordinateur. Colloque sur l'automatisation et biologie prospective. Pont-à-Mousson, 1972. Sous presse.

TABLE DES MATIERES

Pages

AVANT-PROPOS 1
INTRODUCTION 2

PREMIERE PARTIE - Essai de synthèse des réalisations antérieures 11

Chapitre I : Le traitement en temps réel ou "on line" 13

- Appareillage 14
- Organisation 14
- Fonctionnement 15
- Avantages et inconvénients 15

Chapitre II : Traitement en temps différé ou "off line" 17

- Principe 17
- Organisation du système 18
- Appareillage 18
- Schéma de fonctionnement 18
- Traitement des données 21
- Avantages et inconvénients 21

Chapitre III : Traitement semi "on line" des données 23

- Appareillage 23
- Schéma de fonctionnement 23
- Organisation du système 24
- Réalisation des analyses 24
- Traitement des données 25
- Avantages et inconvénients 27

DISCUSSION : 29

DEUXIEME PARTIE - Travaux personnels 31

Chapitre I : Analyse de la configuration 33

- Introduction 33
A - Contraintes administratives 34
B - Procédure de demandes d'analyses 36
C - Organisation au niveau du laboratoire .. 38
- Discussion 45
- Conclusions 46

Chapitre II : 47

I - Solution au problème des prélèvements .. 47
II - Solution au problème des demandes d'analyses 49
III - Informatisation des analyses 63
A - La contamination 64
B - La courbe d'étalonnage et le calcul de la concentration 70
IV - L'identificateur d'échantillons 72
V - Choix des appareils et du software 77
- Conclusions 78

Chapitre III : 79

I - Introduction au programme C.L.S. 79
A - Collecte des informations 79
B - Organisation du travail 84
C - Le poste de perforation 94
II - Etude du software C.L.S. 97
A - Généralités 97
B - Organigramme du C.L.S. 98
C - Modifications du C.L.S. 105
D - Discussion 112
III - Critique du système opérationnel 117
- Discussion 125
- Conclusions 127

TROISIEME PARTIE - Perspectives d'avenir 129

- Introduction 131
- Schéma de la futre organisation du laboratoire 133
- Conclusions 141

CONCLUSIONS GENERALES 143
BIBLIOGRAPHIE 153

° ° °

DEUXIEME THESE

Propositions données par la Faculté :

LES REACTIONS D'ORDRE ZERO ; LEURS APPLICATIONS EN BIOCHIMIE ANALYTIQUE

°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°